



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
RECINTO UNIVERSITARIO PEDRO ARAUZ PALACIOS
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**Trabajo Monográfico para Optar al Título de
Ingeniero Civil**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LOS BARRIOS MONTE
TABOR Y LAS TEJAS No.1, DE LA CIUDAD DE MATAGALPA”.**



Elaborado Por:

Br. Linda Jenifer Cerda Urbina.

carnet: 2005-21079

Br. Raúl Antonio Castro Castillo.

carnet: 2005-20129

TUTOR:

MSc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado.

Managua, Nicaragua

Junio de 2011

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dedicar este logro a Dios, por darme fortaleza para concluir este proyecto, que es la culminación de muchos esfuerzos realizados a lo largo de esta carrera. También dedicada a mi familia y a todas las personas que me han brindado su apoyo y palabras de aliento.

De igual manera, quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo y a las que siempre estuvieron muy pendientes del desarrollo del mismo. Gracias, porque siempre fue un gran incentivo para trabajar arduamente. Para concluir me gustaría agradecer especialmente a nuestro tutor, el Ing. José Ángel Baltodano M. por habernos colaborado tan amablemente y compartir con nosotros sus conocimientos.

Linda Jenifer Cerda Urbina

Quiero dedicar el presente trabajo a Dios por guiarme, darme la fortaleza para continuar a pesar de las dificultades, por darme la vida. A mis padres Raúl Castro Chavarría y Olivia Castillo por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, al igual que mis hermanas, también a todas las personas que han creído en mí y me han apoyado para culminar mi carrera.

Quiero agradecer a todos los docentes que mediante sus enseñanzas crearon la necesidad de aprender cada día más, también a las personas que nos apoyaron para la culminación de este proyecto monográfico, también quiero agradecer al Ing. Sadrach Zeledón por su apoyo a este trabajo por medio de la Alcaldía de Matagalpa. También quiero agradecer al Ing. José Ángel Baltodano por su tiempo, dedicación y disposición para siempre apoyarnos en la realización de este proyecto. Gracias.

Raúl Antonio Castro Castillo

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo monográfico contiene la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario, con su respectivo sistema de tratamiento, para los barrios Monte Tabor y Las Tejas No.1, de la ciudad de Matagalpa. Para desarrollar el proyecto, la principal fuente de información fue la Alcaldía de Matagalpa. De igual forma, se obtuvieron las bases de diseño de las guías del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA), así como de las guías del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Se presentan 4 alternativas de diseño, con la finalidad de atender a una población proyectada de 2,136 habitantes para un periodo de diseño de 25 años. En las 4 alternativas se identifican 2 opciones de red de alcantarillado y 2 opciones de tratamiento, las cuales se combinan entre sí para formar las 4 alternativas de diseño. Ambas opciones para la red de alcantarillado consisten en tubería PVC SDR-41 de 6", funcionando por gravedad. La 1era opción consiste en 2 sub-redes con los respectivos sistemas de tratamiento, en cambio la 2da opción cuenta con una sola red y un sistema de tratamiento.

En cuanto a las alternativas de tratamiento, la 1era opción para el tren de tratamiento abarca tratamiento preliminar, primario (tanque séptico), secundario (FAFA) y terciario (humedal), con el fin de alcanzar la calidad deseada del efluente. La 2da opción abarca tratamiento preliminar, primario (tanque Imhoff) y secundario (humedal). Ambas opciones son complementadas con un lecho de secado de lodos.

Después del análisis técnico-económico de las 4 alternativas, se llega a la conclusión de que la más viable es la Alternativa No.2, la cual tiene las siguientes características:

- Presenta una red de alcantarillado convencional de 6" de PVC-SDR41 que cuenta con 3,758.92 m de tubería y funciona por gravedad. Dicha red desemboca en una única planta de tratamiento que atiende un caudal de diseño de 6.338 l/s.
- El tren de tratamiento consiste en: tratamiento preliminar (rejillas, desarenador y vertedero triangular) + 2 unidades de tanque séptico + 2 unidades de filtros anaerobios FAFA + 3 celdas de humedales + lecho de secado de lodos. De este tren de tratamiento se alcanza una calidad de acuerdo a las normas, de 0.06 mg/l de DBO y 1,000 NMP/ 100 ml de coliformes fecales.
- Dicha alternativa representa un costo total para el periodo de diseño de C\$ 22,647,202.43 (veinte y dos millones seiscientos cuarenta y siete mil doscientos dos córdobas con cuarenta y tres centavos) equivalentes a \$ 1,014,205.21 o \$ 474.82 per cápita.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	5
I.1 Generalidades	5
I.2 Antecedentes.....	6
I.3 Justificación	7
II. OBJETIVOS.....	9
III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	10
III.1 Localización de área de estudio.....	10
III.2 Caracterización socio-económica del municipio de Matagalpa	10
III.3 Climatología.....	11
III.4 Crecimiento histórico de la población.....	11
III.5 Servicios existentes.....	12
III.5.1 Salud	12
III.5.2 Educación	12
III.5.3 Energía eléctrica.....	13
III.5.4 Agua potable.....	13
III.5.5 Aguas residuales	13
III.5.6 Recolección de desechos sólidos	13
III.5.7 Vialidad y telecomunicaciones	14
IV. MARCO TEÓRICO.....	15
IV.1 Sistemas de alcantarillado	15
IV.1.1 Tipos de sistemas de alcantarillado	15
IV.1.2 Componentes de un sistema de alcantarillado sanitario	15
IV.2 Diseño del sistema de alcantarillado sanitario	17
IV.2.1 Período de diseño	17
IV.2.2 Población de diseño	18
IV.2.3 Cantidad de aguas residuales	18
IV.2.4 Hidráulica de las alcantarillas	19
IV.2.5 Pozos de visita sanitarios (PVS).....	21
IV.3 Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales	23
IV.3.1 Características de las aguas residuales	23
IV.3.2 Procesos en el tratamiento de las aguas residuales	24
IV.3.3 Etapas en el tratamiento de aguas residuales	25
IV.3.4 Opciones para el tratamiento de aguas residuales	25

IV.3.5 Tratamiento preliminar.....	26
IV.3.6 Unidades de tratamiento de aguas residuales	31
IV.3.7 Disposición de las aguas tratadas	38
IV.4 Estudio de impacto ambiental.....	38
V. METODOLOGÍA DE TRABAJO	39
V.1 Actividades de campo.....	39
V.1.1 Recopilación de información básica	39
V.1.2 Encuesta socio-económica.....	39
V.1.3 Obtención del plano topográfico	39
V.2 Actividades de gabinete	40
V.2.1 Estudio de la población	40
V.2.2 Diseño de la red de alcantarillado sanitario	41
V.2.3 Diseño del sistema de tratamiento.....	44
V.2.4 Estimación del costo de las alternativas propuestas.....	53
V.2.5 Estudio de alternativas y selección de la más óptima	53
VI. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS	55
VI.1 Análisis técnico de alternativas	55
VI.1.1 Red de alcantarillado sanitario	55
VI.1.2 Sistema de tratamiento.....	55
VI.2 Análisis económico de alternativas	58
VI.3 Comparación técnico-económica de alternativas	58
VI.4 Selección de alternativa más óptima	59
VII. RESUMEN DE OBRAS PROPUESTAS	60
VII.1 Resumen general.....	60
VII.2 Red de alcantarillado sanitario	60
VII.3 Sistema de tratamiento	61
VII.3.1 Tratamiento preliminar.....	61
VII.3.2 Tratamiento primario	61
VII.3.3 Tratamiento secundario	62
VII.3.4 Tratamiento terciario.....	62
VII.3.5 Lecho de secado de lodos.....	62
VIII. CONCLUSIONES.....	63
IX. RECOMENDACIONES	64
X. BIBLIOGRAFIA.....	65

Apéndice A: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	68
Apéndice B: MEMORIA DE DISEÑO DEL PROYECTO	70
B.1 Proyección de la población futura	70
B.2 Diseño de las redes de alcantarillado sanitario	71
B.3 Profundidad de pozos de visita (PVS)	79
B.4 Diseño del sistema de tratamiento	80
Apéndice C: COSTO DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS	92
Apéndice D: RELACIONES HIDRÁULICAS DE DISEÑO	97
Apéndice E: FORMATO DE ENCUESTA REALIZADA	99
Apéndice F: RESULTADOS DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA	101
Apéndice G: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN	105
G.1 Generalidades	129
G.2 Especificaciones de materiales	129
G.3 Especificaciones de obras	129
G.4 Obras sanitarias	129
G.5 Humedales y obras conexas	1292
G.6 Limpieza y entrega final	129
Apéndice H: ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	10529
H.1 Alcantarillado sanitario	129
H.2 Tratamiento de aguas residuales	12935
Apéndice I: PLANOS DE DISEÑO	10540

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población total por área de residencia y años censales. Municipio de Matagalpa	11
Tabla 2: Periodos de diseño económicos para la estructura de sistemas.....	17
Tabla 3: Dotaciones de agua para consumo doméstico	19
Tabla 4: Coeficiente de rugosidad "n" de Manning	19
Tabla 5: Parámetros de calidad permisibles.....	24
Tabla 6: Tipos de unidades de tratamiento y características	26
Tabla 7: Información para el diseño de rejillas	27
Tabla 8: Valores de β	28
Tabla 9: Información de diseño de desarenadores de flujo horizontal	29
Tabla 10: Gasto para vertederos rectangulares	30
Tabla 11: Gasto para vertederos triangulares	31
Tabla 12: Contribución diaria de lodos frescos (Lf).....	33
Tabla 13: Períodos de retención de tanques sépticos	33
Tabla 14: Información típica para el diseño de tanques Imhoff.....	34
Tabla 15: Valor de Fcr.....	35
Tabla 16: Información del medio para humedales de flujo subsuperficial	36
Tabla 17: Conductividad térmica de los componentes del humedal	36
Tabla 18: Información de diseño para humedales de flujo subsuperficial	37
Tabla 19: Dotaciones de agua para consumo comercial y público	42
Tabla 20: Alternativas propuestas de tratamiento	45
Tabla 21: Características de las alternativas de red de alcantarillado.....	55
Tabla 22: Características de alternativas de tratamiento 1 y 2	57
Tabla 23: Características de alternativas de tratamiento 3 y 4	57
Tabla 24: Comparación de los costos de las alternativas de diseño.....	58

Tabla 25: Comparación técnico-económica de las alternativas de diseño.....	59
Tabla 26: Detalles de red de alcantarillado para alternativa seleccionada.....	60
Tabla 27: Detalles de tratamiento preliminar para alternativa seleccionada	61
Tabla 28: Detalles de tanques sépticos para alternativa seleccionada	61
Tabla 29: Detalles de FAFAs para alternativa seleccionada.....	62
Tabla 30: Detalles de humedal para alternativa seleccionada	62
Tabla 31: Proyección de la población de saturación.....	70
Tabla 32: Resultados de diseño de Red 1. Alternativas 1 y 3.....	71
Tabla 33: Resultados de diseño de Red 2. Alternativas 2 y 4.....	75
Tabla 34: Profundidades de PVS	79
Tabla 35: Diseño de rejillas	80
Tabla 36: Diseño de desarenadores	81
Tabla 37: Diseños de medidores de caudal.....	82
Tabla 38: Diseño de tanques sépticos (Alternativas 1 y 2)	83
Tabla 39: Diseño de FAFAs (Alternativas 1 y 2).....	84
Tabla 40: Diseño de humedales (Alternativas 1 y 2)	85
Tabla 41: Diseño de taques Imhoff (Alternativas 3 y 4)	87
Tabla 42: Diseño de humedales (Alternativas 3 y 4)	89
Tabla 43: Diseño de lechos de secado de lodos	91
Tabla 44: Presupuesto de red de alcantarillado (Alternativas 1 y 3)	92
Tabla 45: Presupuesto de red de alcantarillado (Alternativas 2 y 4)	93
Tabla 46: Costos de operación y mantenimiento de redes	94
Tabla 47: Costos de alternativas de tratamiento	95
Tabla 48: Costo de operación y mantenimiento de alternativas de tratamiento	96
Tabla 49: Tabla de relaciones hidráulicas de diseño	97

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localizacion de la ciudad de Matagalpa.....	10
Ilustración 2: Rejillas de limpieza manual.....	26
Ilustración 3: Desarenadores de 2 unidades en paralelo.....	28
Ilustración 4: Vertederos de pared delgada.....	30
Ilustración 5: Localización del sitio del proyecto.....	68
Ilustración 6: Vista aérea del sitio del proyecto.....	69
Ilustración 7: Gráfico de relaciones hidráulicas de diseño	98
Ilustración 8: Formato de encuesta realizada	99
Ilustración 9: Persona responsables del hogar.....	101
Ilustración 10: Edad de la población.....	101
Ilustración 11: Nivel de educación de la población	101
Ilustración 12: Material de construcción de paredes.....	101
Ilustración 13: Material de construcción de techos	102
Ilustración 14: Material de construcción de pisos	102
Ilustración 15: Estado de las viviendas.....	102
Ilustración 16: Uso de las viviendas	102
Ilustración 17: Conexión eléctrica.....	103
Ilustración 18: Conexión domiciliaria de agua	103
Ilustración 19: Disposición de las aguas grises	103
Ilustración 20: Tipo de servicio higiénico	103
Ilustración 21: Disposición de basuras	104
Ilustración 22: Condición de los trabajadores	104
Ilustración 23: Rango de salarios	104
Ilustración 24: Tipos de enfermedades en el último año.....	104

I. INTRODUCCIÓN

I.1 GENERALIDADES

En países en vías de desarrollo, como el nuestro, el suministro de los servicios básicos, se convierte en una necesidad de primer orden para la garantía del desarrollo integro de la sociedad. Una de las principales necesidades a ser solventadas es la del agua potable, pero esto a su vez conlleva la resolución de otro problema, como es la disposición y el tratamiento de las aguas grises y aguas negras residuales.

La disposición de estas aguas ha venido cobrando importancia, debido a la alteración de los sistemas hídricos y otros sistemas ambientales, y el impacto negativo en la salud de las comunidades, debido a su mal manejo. Así, los sistemas de alcantarillado sanitario empiezan a ejercer un rol fundamental, ya que resuelven el problema de la eliminación de los desechos creados por la comunidad.

Estos son sistemas de estructuras y tuberías, en los que las aguas residuales son recogidas y transportadas desde su punto de origen hasta el sitio en que se vierten al medio natural o las instalaciones depuradoras en que son tratadas.

Debido al impacto que tiene en el desarrollo de una comunidad, el alcantarillado sanitario es considerado uno de los servicios básicos. Por tal motivo, en este proyecto, se pretende desarrollar el diseño del alcantarillado sanitario para los barrios Monte Tabor y Las Tejas No. 1, pertenecientes a la ciudad de Matagalpa, tratando así de contribuir positivamente al desarrollo de estas comunidades.

La ciudad de Matagalpa es cabecera municipal y sede del gobierno local del departamento de Matagalpa. De acuerdo con datos brindados por la comuna, el municipio tiene una superficie de 640.65 Km², entre casco urbano y rural, con una altitud de 681 msnm y se encuentra ubicada a 132 Km de la ciudad de Managua. A pesar de que el municipio cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, debido a la topografía de la ciudad algunos barrios, entre ellos los de estudio, no pueden conectarse a este sistema.

Por consiguiente, con este proyecto se pretende dar una respuesta a la necesidad de la población de estos barrios, proporcionando una solución eficiente y viable, tanto económica como técnicamente, de acuerdo a todas las normas y criterios vigentes en el país, y que al mismo tiempo cumplan satisfactoriamente la demanda de la población afectada, contribuyendo así al progreso mismo de la ciudad.

I.2 ANTECEDENTES

El sistema actual de alcantarillado sanitario de la ciudad de Matagalpa consta de un sistema de colectoras y sub colectoras, con diámetros que van desde 6" hasta 30", con una longitud aproximada de tubería de 55 Km. Esta cifra va en aumento dado que las autoridades continúan ejecutando proyectos para aumentar la cobertura en la municipalidad.

Para el mantenimiento y reparación del alcantarillado, el sistema tiene una construcción de pozos de visita sanitarios ubicados cada 50 y 100 metros. El sistema actual de tratamiento de aguas residuales de la ciudad está conformado por lagunas. El proyecto de este sistema se diseñó para ejecutarse en 2 etapas, proyectada la última para ejecutarse en el año 2010.

Al analizar la situación actual del sistema de recolección de la ciudad de Matagalpa, se identificó que existen varios sectores de la ciudad que por sus condiciones topográficas no pueden ser incorporados al sistema por gravedad, por ende, para servir a estos sectores se hace necesario proyectar sistemas de tratamiento individuales. Dichos sectores son: Solingalpa, Monte Tabor, Las Tejas, Sector de Santa Teresita, El Tule y Las Marías (existen algunas calles que si pueden ser integradas al sistema). Se considera que este es un sector de futuro crecimiento, en áreas que no pueden drenar a la red existente y que en un futuro a largo plazo se requerirá del sistema individual.

En específico, este proyecto está dirigido a los barrios Monte Tabor y Las Tejas No.1, pertenecientes a la ciudad de Matagalpa. El barrio Las Tejas No.1 está ubicado sobre la carretera a Managua, a 5 km del centro de la ciudad. Fue elevado a categoría de barrio el 24 de febrero del 2004 y cuenta con aproximadamente 133 viviendas en condiciones mínimas con una población estimada de 712 habitantes. El barrio Monte Tabor, por su parte, es más antiguo, surgió en el año 1990 y cuenta con aproximadamente 80 viviendas, en condiciones similares a las de Las Tejas No.1 y con aproximadamente 390 habitantes.

Ambos barrios cuentan con un sistema propio de agua potable. En su mayoría, los pobladores hacen uso de letrinas para disponer de parte de las aguas residuales, siendo el resto desechadas en calles o patios de las viviendas, y terminando ocasionalmente en cauces naturales, lo que denota la necesidad de un adecuado sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales.

Cabe destacar en la elaboración de este proyecto, el aporte que significa el Estudio de impacto ambiental, elaborado por la Ing. Yoli Centeno Kauffman, en el año 2007, que sienta precedentes de parte de la municipalidad de desear resolver la necesidad de la localidad, a pesar de no haber alcanzado dicho objetivo hasta la fecha.

I.3 JUSTIFICACIÓN

Una necesidad fundamental, a nivel global, es el suministro de agua potable. Sin embargo, la garantía de este servicio en cualquier lugar, implícitamente acarrea otra necesidad, como es la disposición adecuada del agua residual, en especial la que contiene desechos sólidos, por medio del alcantarillado sanitario. El mismo, a pesar de ser considerado un servicio básico, generalmente en países en vías de desarrollo, queda relegado en comparación con el agua potable.

Naturalmente, debido al gran número de organismos patógenos que transportan las aguas grises y especialmente las aguas negras, contenedoras de excretas, el no disponer de un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales conlleva a la generación de problemas sanitarios serios, entre ellos enfermedades de transmisión hídrica (cólera, diarrea, dengue, etc.), enfermedades virales, entre otras, que se reflejan directamente en las condiciones ambientales de las comunidades y el deterioro de la salud de los sectores más vulnerables de la población.

En la actualidad, los barrios afectados por este proyecto (Monte Tabor y Las Tejas No.1), no cuentan con un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales. Esta situación se da, ya que a pesar de que gran parte de la ciudad cuenta con el servicio, las condiciones topográficas de los barrios no permiten a los mismos conectarse a la red existente, por lo que se hace necesario proveer el servicio a los barrios de manera independiente.

En estos barrios, es muy común observar aguas grises estancadas, las cuales son vertidas a las calles por los pobladores, al carecer de una vía adecuada de evacuación, siendo esto agravado por el hecho de que en su mayoría las calles todavía son de tierra.

En cuanto a aguas negras, gran parte de la población utiliza el sistema de inodoro con sistema de tanque séptico, teniendo la desventaja del costo que implica dicho sistema, por lo que muchos disponen paralelamente de letrinas. Otro sector de la población dispone solamente de letrinas, que en algunos casos inclusive son abandonadas sin sellar. Desafortunadamente en algunas viviendas ni siquiera se cuenta con algún servicio sanitario, lo que empeora aún más la situación ambiental.

Lo anterior propicia al deterioro de la situación higiénico-sanitaria de la comunidad, lo que se refleja en los problemas sanitarios de la misma, ya que aproximadamente el 67% de las enfermedades en el último año, han sido causadas por enfermedades virales que ocasionan complicaciones respiratorias y diarrea (Ver Apéndice F). Además de esto es apreciable a simple vista el deterioro estético de la localidad.

Por todo lo expuesto con anterioridad, se convierte en una necesidad imperante la solución del problema de evacuación de las aguas residuales, complementándola con un adecuado sistema de tratamiento antes de ser vertidas al cuerpo receptor.

En este caso, el cuerpo receptor es el Rio Grande de Matagalpa. Su elección se basa en que presta condiciones como:

- Favorece la descarga por gravedad.
- Presenta una distancia propicia para descargar el efluente.
- La trayectoria del rio es suficientemente grande para facilitar un acelerado proceso de auto-purificación por la oxigenación del agua en el transcurso de su corriente.

De esta manera, los elevados riesgos para la salud de la población, que la falta de tratamiento de aguas residuales generan, justifican por si mismos la inversión en saneamiento básico, motivo por el cual se espera que este proyecto traiga consigo la mejoría en las condiciones de salud de la población de este sector y como consecuencia directa una mejora en el nivel de vida y en el desarrollo mismo de la ciudad de Matagalpa.

II. OBJETIVOS

✓ **Objetivo General**

- Diseñar la red de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales de los barrios Monte Tabor y Las Tejas No. 1, ubicados en la ciudad de Matagalpa.

✓ **Objetivos Específicos**

1. Estudiar las características socio-económicas de los barrios mencionados con anterioridad, para conocer la demanda existente y proyectar la demanda futura del servicio de alcantarillado sanitario.
2. Realizar el levantamiento topográfico de los barrios Monte Tabor y Las Tejas No.1, así como el del sitio de la planta de tratamiento de aguas residuales.
3. Proponer y analizar distintas alternativas para el sistema de alcantarillado de estos barrios, con el fin de seleccionar la alternativa más viable, tanto técnica como económicamente.
4. Diseñar y elaborar los planos constructivos y especificaciones técnicas del sistema de alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento.
5. Proponer un sistema de tratamiento factible para el proyecto, cuyo efluente cumpla con el decreto ejecutivo 33-95 de la Republica de Nicaragua.
6. Elaborar el presupuesto del proyecto.

III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

III.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Matagalpa, pertenece al departamento del mismo nombre, siendo también la cabecera municipal y sede del gobierno departamental. La ciudad se encuentra ubicada a 132 Km al norte de Managua, a una altitud de 681 msnm y cuenta con una extensión territorial de 640.65 km².

Los límites de la localidad son:

- **Norte**
Municipio de Jinotega
- **Sur**
Municipios de Esquipulas y San Dionisio
- **Este**
Municipios de El Tuma la Dalia, San Ramón y Muy Muy
- **Oeste**
Municipio de Sébaco.



Ilustración 1
Localización de la ciudad de Matagalpa

Los barrios en estudio (Monte Tabor y Las Tejas No.1), pertenecen a la ciudad de Matagalpa. Ambos barrios son contiguos y están ubicados sobre la carretera a Managua, aproximadamente a 5 km del centro de la ciudad (Ver Apéndice A).

III.2 CARACTERIZACIÓN SOCIO.ECONÓMICA DEL MUNICIPIO DE MATAGALPA

Según datos de la Alcaldía, el municipio de Matagalpa representa la segunda área poblacional y productiva del país. El principal rubro económico es el café, el cual genera gran parte de los ingresos. La producción básica está constituida por frijol y maíz y en menor cantidad por hortalizas. También se ha incursionado exitosamente en la floricultura.

La ciudad de Matagalpa posee un comercio fluido, cuenta con tres mercados: mercado norte o mercado Guanuca, muy importante por su fuerte actividad económica, mercado sur y mercado campesino o mercadito de verduras. Otra importante zona de comercio es la denominada “Avenida del Comercio” con un sin número de establecimientos de toda índole.

III.3 CLIMATOLOGÍA

El clima del municipio de Matagalpa es característico de la zona tropical lluviosa con un período seco corto entre marzo y abril. La ciudad de Matagalpa se encuentra en promedio a 681 msnm, lo que determina condiciones climáticas moderadamente frescas y húmedas, catalogadas como clima de sabana tropical.

A nivel municipal, las temperaturas medias anuales oscilan entre 20° y 27° C. Según datos de INETER, en el periodo comprendido entre los años 1971 y 2000, la ciudad ha presentado temperaturas promedios anuales entre 20 y 22 grados Celsius. La precipitación actual oscila entre 800 y 2000 milímetros, con un promedio anual de 1330 mm anuales. En la ciudad de Matagalpa se estiman hasta 1200 mm anuales. La zona más lluviosa es la noreste, donde se registran hasta 2000 mm anuales.

III.4 CRECIMIENTO HISTÓRICO DE LA POBLACIÓN

El análisis de la tendencia histórica del crecimiento de la población para el municipio de Matagalpa, así también como para los otros municipios de la República, se realiza normalmente a partir de los censos oficiales existentes, elaborados por el Instituto Nacional de Información para el Desarrollo “INIDE”.

Tabla 1
Población total por área de residencia y años censales
Municipio de Matagalpa

AÑO	AREA DE RESIDENCIA		TOTAL
	URBANA	RURAL	
1971	20,682	39,643	60,325
1995	59,397	44,984	104,381
2005	80,228	53,188	133,416

Fuente: Censos Nacionales 1971, 1995 y 2005

A pesar de esto, la población del municipio de Matagalpa, tiene como gran limitación el hecho de que los estudios demográficos realizados, son generalmente referidos a regiones económicas, regiones geográficas y departamentos, siendo muy pocos los estudios sobre la población a nivel local. Usualmente estos estudios locales, son hechos por entes o personas particulares, con objetivos específicos.

- **Tasa de crecimiento:** Para la ciudad de Matagalpa específicamente (zona urbana), las tasas anuales de crecimiento han variado de la siguiente manera en los últimos años: 4.49% (período de 1971 a 1995) y 3.05% (período de 1995 a 2005).

III.5 SERVICIOS EXISTENTES

III.5.1 Salud

A nivel de municipio, Matagalpa cuenta con múltiples servicios médicos, siendo el más importante el hospital regional “Cesar Amador Molina”, ubicado en la parte norte de la ciudad, que presta los servicios a las comunidades y barrios del municipio y el departamento.

El área urbana también cuenta con 9 unidades de salud, 3 de las cuales 3 son centros de salud y 6 son puestos de salud. Las enfermedades de mayor incidencia son las enfermedades respiratorias, seguido de las enfermedades diarreicas.

- a. **Tasa de fecundidad:** La tasa global de fecundidad es de 4.8 hijos por mujer a nivel municipal. Este dato es superior al promedio nacional (3.9 hijos por mujer para el país).
- b. **Morbilidad:** De acuerdo a estudios realizados en la zona, las principales causa de morbilidad la constituyen las infecciones respiratorias agudas, enfermedades diarreicas agudas, malaria, dengue clásico, dengue hemorrágico, las cuales están directamente relacionadas con la calidad de los servicios o accesos de agua potable y saneamiento ambiental en general (higiene, basura, disposiciones de aguas residuales y excretas).¹

III.5.2 Educación

Según los últimos datos obtenidos, en el municipio de Matagalpa, se atiende un aproximado de 33,461 estudiantes, distribuidos en los distintos programas y modalidades educativas. Para la atención a esta población escolar se cuenta con el apoyo de organismos gubernamentales.

Dentro del área urbana existen un total de 53 centros de enseñanza, entre preescolar, primaria y secundaria. Actualmente, el municipio cuenta con 5 universidades que ofrecen diversas opciones profesionales. Estas son:

- Universidad Evangélica Nicaragüense (UENIC).
- Universidad del Norte de Nicaragua (UNN).
- Universidad Interamericana (UI).
- Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN).
- Universidad Popular de Nicaragua (UPONIC).

¹ Fuente: Sistema de Vigilancia Epidemiológica Nacional. MINSA.

III.5.3 Energía eléctrica

El Municipio de Matagalpa, cuenta con el servicio público de energía eléctrica, administrado por la empresa Unión Fenosa, la que atiende a un total de 14,500 conexiones domiciliarias, entre urbanas y rurales. El municipio como tal, no cuenta con fuentes de energía, pero a nivel de departamento, se cuenta con la Planta Santa Bárbara, ubicada en el Municipio de San Isidro y una planta minihidro ubicada en el municipio de San Ramón, con capacidades de 50MVA y 1.6MVA respectivamente.

III.5.4 Agua potable

En el municipio, el sistema de acueductos cuenta con aproximadamente 8,630 conexiones domiciliarias, las que atienden aproximadamente un 65% de la población total. Un 20% es abastecido por proyectos privados y un 15% es abastecido mediante pipas de la municipalidad en coordinación con el cuerpo de bomberos.

Para satisfacer la demanda de agua, el municipio de Matagalpa se abastece de dos fuentes: el Río Molino Norte que abastece el 80 % de Agua y el Río San Francisco en un 20%. Dichas fuentes son insuficientes para la demanda de la población, existiendo un déficit actual de aproximadamente 1,500 galones por minutos (gpm). En verano se bombea agua del río de Aranjuez (800 gpm). También funcionan pequeños proyectos de la quebrada de Yaguare y Agualcas.

III.5.5 Aguas residuales

Como ya fue mencionado, la ciudad de Matagalpa cuenta con aproximadamente 55 Km de longitud de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento en la cual se trata el afluente por medio de un sistema de lagunaje. Existen manjoles aproximadamente cada 50 y 100 ml, los cuales facilitan el mantenimiento y reparación del alcantarillado. A pesar de que el sistema de recolección recorre gran parte de la ciudad, existen sectores que debido a sus condiciones topográficas no pueden ser incorporados al sistema por gravedad, por ende para servir a estos sectores se hace necesario proyectar sistemas de tratamiento individuales. Dichos sectores son: Solingalpa, Monte Tabor, Las Tejas, Sector de Santa Teresita, El Tule y Las Marías.

III.5.6 Recolección de desechos sólidos

La recolección de los desechos sólidos, es realizada a través de cinco camiones concesionados, con rutas asignadas respectivamente, cubriendo de esta manera la mayoría de los barrios de la ciudad. En las zonas con difícil acceso de penetración por la topografía, existe un camión pequeño del doble de tamaño de los cinco camiones, que se dedica a atender estos lugares. En los lugares que se hace imposible que penetren los camiones, los usuarios se ven obligados a acarrear la basura de una a tres cuerdas de distancia, por lo que los camiones tienen que esperar en algunas ocasiones.

III.5.7 Vialidad y telecomunicaciones

La vialidad de la ciudad está trazada por una cuadrícula bastante regular que se extiende al este del río grande de Matagalpa y se caracteriza porque los principales ejes son las avenidas (Central y de los Bancos), producto de la forma extendida de la ciudad en el sentido norte-sur, al mismo tiempo la ciudad se encuentra dividida por la carretera interoceánica y por el río.

La red vial de la ciudad está constituida por aproximadamente 139,110 ml de calles, entre las que se contabilizan 33,550 ml de vías revestidas, en su mayoría asfaltada y una cantidad menor adoquinada. El 50% de las vías están señalizadas y existen cinco semáforos, localizados en los puntos de mayor volumen de tránsito.

En cuanto a telecomunicaciones, en la actualidad el servicio está a cargo de la multinacional CLARO. Además de esto, la ciudad cuenta con una central digital que da servicio al casco urbano, con capacidad de 5,944 abonados, de los cuales están en servicio 4,142 (70%). Actualmente se están realizando proyectos de ampliación en la zona Norte de la ciudad con capacidad para 2,400 líneas.

IV. MARCO TEÓRICO

IV.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Se conoce como red de alcantarillado, al sistema de estructuras y tuberías usadas para recoger y transportar aguas residuales y pluviales de una población, desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan. (Enciclopedia Wikipedia).

IV.1.1 Tipos de sistemas de alcantarillado

Básicamente encontramos 2 tipos de sistemas de alcantarillados:

1. **Unitarios:** Son sistemas proyectados para recibir, en un único conducto, tanto aguas residuales como pluviales.
2. **Separativos:** Constan de dos conductos independientes, uno para transportar las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales hasta la estación depuradora; y otro para conducir las aguas pluviales hasta el medio receptor.

Las redes separativas empezaron a construirse en el siglo XX, tras la aparición de los sistemas de depuración. Se le atribuyen ventajas como la reducción de los costos de depuración y simplificación de los procesos, dado que el caudal tratado es menor y más constante, también se sabe que la separación reduce la carga contaminante vertida al medio receptor. Por esto, en localidades pequeñas, tiende a emplearse más el alcantarillado separativo, destinado únicamente al drenaje de aguas servidas de uso doméstico.

Los sistemas de alcantarillado sanitario son usados para recolección y conducción de aguas residuales. Están constituido por redes colectoras, a menudo construidas en el centro de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se produzca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento.

IV.1.2 Componentes de un sistema de alcantarillado sanitario²

El sistema de alcantarillado sanitario está comprendido por obras de recolección, tratamiento y disposición. Entre los componentes encontramos:

² Fuente: Ing. María Elena Baldizón. Apuntes de Ingeniería Sanitaria II.

a. Conexión domiciliar

Son estructuras que transportan el agua residual domestica desde la vivienda hasta la alcantarilla principal. Estas consisten en una caja de registro, dentro o fuera de la edificación, una tubería de servicio y una conexión con la alcantarilla principal.

b. Conductos

- *Lateral*: Colecta las aguas de la vivienda, sin recibir agua de otro conducto.
- *Sub Colector*: Recibe descarga de uno o más laterales.
- *Colector principal*: Intercepta flujo de dos o más colectores.
- *Interceptor*: Descarga un numero de colectoras principales.
- *Evacuador*: Recibe aguas negras de todo el sistema y las conduce al punto final de evacuación.

c. Registros o bocas de visita

Son estructuras que se ubican convenientemente (según normas y criterios de diseño) y que permiten la inspección y mantenimiento de la red de recolección. Dependiendo del tipo de red y su ubicación pueden ser cilíndricas con un cono superior (pozos de visita) o cuadradas (cajas de registro), etc.

d. Estaciones de Bombeo

En ciertas circunstancias, se hace indispensable el diseño de estaciones de bombeo para extraer las aguas servidas de un sector, las cuales no pueden ser drenadas por gravedad. En todo caso se debe realizar un estudio económico a fin de contemplar las posibles alternativas de diseño por gravedad, aún a costos iniciales significativamente mayores.

e. Tratamiento y disposición final

El objeto del sistema de tratamiento y disposición de las aguas residuales es la eliminación de impurezas contenidas en estas, remover materia orgánica y eliminar agentes productores de enfermedades, así como proteger la calidad de los recursos hídricos de la región.

IV.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, es necesario establecer fundamentos, de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el país, que permitan obtener un proyecto poco complejo, con una inversión razonable y sobre todo fácil de operar y conservar.

Para este proyecto se emplearan principalmente las normas de INAA, en especial las “Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales” (GT INAA), entre otros criterios.

IV.2.1 Período de diseño

El periodo de diseño de una obra, es el tiempo transcurrido desde que el sistema empieza a brindar servicio hasta que llega a ser obsoleto, debido a que ha alcanzado la capacidad límite establecida para el proyecto y por ende deja de trabajar eficientemente.

El período de diseño permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo. Para definir este periodo, normalmente se toman en cuenta factores como los siguientes:

- Vida útil de las estructuras, teniendo en cuenta su desgaste.
- La facilidad o dificultad de la ampliación de las obras existentes.
- Las tendencias de crecimiento de la población futura, con mayor énfasis en el del posible desarrollo de sus necesidades comerciales e industriales.

Según los criterios nacionales, tenemos los siguientes valores:

Tabla 2
Períodos de diseño económicos para la estructura de sistemas

PERIODOS DE DISEÑO SEGÚN LA ESTRUCTURA	
Estructura	Período de Diseño
Colectores principales	10 a 50 años
Emisarios de descarga	
Tuberías secundarias con Ø hasta 375 mm	25 años o más
Plantas de tratamiento de aguas servidas	10 a 25 años
Edificaciones y estructuras de concreto	50 años
Equipos de bombeo:	
a) De gran tamaño	15 a 25 años
b) Normales	10 a 15 años

Fuente: GT INAA. Tabla 4-1.

IV.2.2 Población de diseño

El establecimiento de la cantidad de aguas residuales a eliminar es fundamental para las instalaciones de recolección y tratamiento. Por tanto, es necesario predecir la población para el periodo de diseño propuesto.

Los métodos más comunes implementados para proyectar la población futura son: el método aritmético, la tasa de crecimiento geométrico, la tasa de crecimiento a porcentaje decreciente, el método por porcentaje de saturación, etc.

Debido a la falta de información histórica de las condiciones en que se han desarrollado las pequeñas localidades, como es el caso de los barrios Monte Tabor y Las Tejas No.1, se considerarán los métodos de crecimiento geométrico y de población de saturación.

El método de crecimiento geométrico es el más utilizado en Nicaragua, normalmente se aplica en lugares que no han alcanzado su máximo desarrollo y con tasas de crecimiento relativamente fijas (entre 2.5 y 4%. Según INAA).

Por otro lado, el método de población trabaja con el número máximo de pobladores del lugar del proyecto, usualmente cuando este ya no tiene posibilidades de expansión. Para esto se requiere efectuar un conteo poblacional, examinar la distribución especial de viviendas y cuantificar el área promedio de lotes ocupados; detectar la presencia de lotes baldíos e inferir con los datos anteriores, las futuras concentraciones.

IV.2.3 Cantidad de aguas residuales

La estimación del flujo de aguas residuales se basa comúnmente en la cantidad de agua suministrada a la localidad. Para esto, se estima que no toda el agua abastecida por el acueducto vuelve en forma de agua usada al alcantarillado, debido a que una parte es descargada fuera del sistema de recolección.

El porcentaje que regresa o factor de retorno (Fr), depende de diversos factores, entre ellos los hábitos de la población, sus características, dotación de agua, variaciones del consumo, entre otros. Para Nicaragua, INAA establece un factor de retorno de 0.80 (80%).

Debido a que el cálculo de la cantidad de aguas residuales con la que trabajara el sistema, es fundamental, INAA provee información en caso de no contar con datos de los consumos en la localidad. Ver Tabla 3.

Tabla 3
Dotaciones de agua para consumo doméstico

DOTACIONES DE AGUA			
Rango de Población	Dotación (L/hab/día)	Rango de Población	Dotación (L/hab/día)
0 - 5,000	100	20,000 - 30,000	130
5,000 - 10,000	105	30,000 - 50,000	155
10,000 - 15,000	110	50,000 - 100,000	160
15,000 -20,000	120	y más	

Fuente: GT INAA. Tabla 3-2.

IV.2.4 Hidráulica de las alcantarillas³

IV.2.4.1 Fórmula de diseño y coeficiente de rugosidad

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se hará en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning. Se pueden usar diferentes clases de tubería, seleccionadas de acuerdo a las condiciones en que funcionara el sistema y a los costos de inversión, operación y mantenimiento.

Usualmente, las colectoras hasta 375 mm de diámetro son diseñadas para trabajar, como máximo a media sección, destinando la mitad superior de los conductos a la ventilación del sistema y a imprevistos. Las colectoras mayores reciben efluentes de redes relativamente extensas, con mayor población tributaria y están sujetas a menores variaciones de caudal, por eso pueden dimensionarse para funcionar con tirantes de 0.70 a 0.80 del diámetro.

En dependencia de la tubería seleccionada, encontramos el valor para el coeficiente de rugosidad de Manning. Ver Tabla 4.

Tabla 4
Coeficiente de rugosidad “n” de Manning

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD SEGUN TUBERIA			
Material	Coeficiente “n”	Material	Coeficiente “n”
Concreto	0.013	Hierro galvanizado (HG)	0.014
Polivinilo (PVC)	0.009	Hierro fundido (HF)	0.012
Polietileno (PE)	0.009	Fibra de vidrio	0.010
Asbesto cemento (AC)	0.010		

Fuente: Capítulo 5.1. GT INAA.

³ Fuente: GT INAA. Capítulo V.

IV.2.4.2 Velocidad del flujo

Para criterios de velocidades de diseño, se aceptarán velocidades entre 0.45 y 3 m/s, mientras que para velocidades a tubo lleno se admitirán velocidades entre 0.60 y 5 m/s, considerando en este último criterio que velocidades mayores a los 5 m/s pueden ocasionar daños en la alcantarilla.

IV.2.4.3 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de las tuberías, será de al menos 150 mm (6").

IV.2.4.4 Pendiente longitudinal mínima

Se considera adecuada, una pendiente que proporcione una velocidad media de al menos 0.6 m/s y además cumpla con el criterio de tensión de arrastre.

IV.2.4.5 Tensión de arrastre

El criterio de tensión de arrastre garantiza una velocidad de auto lavado en el tramo del colector. Para este, INAA recomienda como mínimo 1 Pa. (GT INAA, Cap. V.3).

IV.2.4.6 Pendiente máxima

Se usarán pendientes que no produzcan velocidades mayores a los 3 m/s.

IV.2.4.7 Pérdida de carga adicional

Para todo cambio de alineación sea horizontal o vertical se incluirá una pérdida de carga igual a $0.25 (V_m)^2/2g$ entre la entrada y la salida del pozo de visita sanitario (PVS) correspondiente, no pudiendo ser, en ninguno de los casos, menor a 3 cm.

IV.2.4.8 Cambio de diámetro

El diámetro de cualquier tramo de tubería, es igual o mayor que el diámetro del tramo aguas arriba y por ningún motivo podrá ser menor. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, el diámetro de la tubería de salida será igual o mayor que el de la tubería de entrada de mayor diámetro.

IV.2.4.9 Ángulos entre tuberías

En los pozos de visita o cajas de registro, el ángulo formado por la tubería de entrada y la de salida tendrá un valor mínimo de 90° y máximo de 270° medido en sentido del movimiento de las agujas del reloj y partiendo de la tubería de entrada.

IV.2.4.10 Cobertura de tuberías

En el diseño se deberá mantener una cobertura mínima sobre la corona de la tubería en toda su longitud, de acuerdo con su resistencia estructural y que facilite el drenaje de las viviendas hacia las recolectoras.

Si se hace necesario colocar la tubería a pequeñas profundidades, la tubería será encajonada en concreto simple con un espesor mínimo de 0.15 m alrededor de la pared exterior del tubo.

IV.2.4.11 Ubicación de las alcantarillas

En las vías de circulación dirigidas de Este a Oeste, las tuberías se ubicarán al Norte de la línea central de la vía. En las vías de circulación dirigidas de Norte a Sur, las tuberías se ubicarán al Oeste de la línea central de la vía. Las alcantarillas se colocarán debajo de las tuberías de agua potable.

IV.2.4.12 Conexiones domiciliarias

Son tuberías que transportan las aguas residuales domesticas desde la vivienda hasta la alcantarilla principal. Su diámetro mínimo deberá ser de 100 mm, para viviendas unifamiliares. La pendiente mínima podrá estar entre 1 y 2% dependiendo de la profundidad de la recolectora.

IV.2.4.13 Tirante de agua

Normalmente, se recomienda fijar el nivel de agua en la alcantarilla por encima del 20% del diámetro de la tubería (0.2D). Además, se recomiendan utilizar el nivel máximo de agua en la alcantarilla, como el 80% del diámetro (0.8D), no permitiendo de esta manera que la tubería llegue a trabajar a presión. La parte vacía de la tubería por encima de 0.8D, usualmente se emplea para fines de ventilación, movimiento de gases y además para flujos excepcionales.

IV.2.5 Pozos de visita sanitarios (PVS)⁴

IV.2.5.1 Ubicación

Se deberán ubicar pozos de visita (PVS) o cámaras de inspección: en todo cambio de alineación horizontal o vertical, en todo cambio de diámetro; en las intersecciones de dos o más alcantarillas y en el extremo de cada línea cuando se prevean futuras ampliaciones aguas arriba. En caso contrario se deberán instalar "Registros terminales".

⁴ Fuente: GT INAA. Capítulo VI.

IV.2.5.2 Distancia máxima entre pozos de visita

El espaciamiento máximo entre PVS varia de acuerdo a los métodos y equipos de mantenimiento disponibles. Dependerá de los métodos y equipos de mantenimientos disponibles.

Para tuberías con diámetro entre 150 y 400 mm, se utilizan 150 m de separación máxima con equipo avanzado, en cambio para equipo tradicional se emplean 100 m.

IV.2.5.3 Características de los pozos de visita

- Se construirán con cuerpo de ladrillo cuarterón, sobre una plataforma de concreto simple (20cm).
- Se repellará con mortero interna y externamente para evitar la infiltración en ambos sentidos.
- El diámetro interno será de 1.20m.
- Para pozos más profundos de 3m, se determinara el grosor de la pared, para resistir los esfuerzos a que será sometida durante el funcionamiento del sistema.
- Todo PVS deberá estar provisto, en la parte superior, de una tapa que permita una abertura de 0.60 m de diámetro, la cual deberá estar dotada de 2 orificios de 0.03 m de diámetro para proveer el escape de gases.
- Los PVS deberán ser provisto en su interior, de peldaños con diámetro no menor de 15 mm de aleación de aluminio, con separación vertical de 0.30m.
- El fondo del pozo deberá tener un acabado fino, con pendiente transversal hacia los canales no menor del 2%. Todas las aristas vivas deberán ser redondeadas.
- El pozo de visita deberá ser provisto en su interior, de peldaños con diámetro no menor de 15 mm de aleación de aluminio, separados verticalmente 0.30m.

IV.2.5.4 Pozos de visita con caída

Se deberán usar pozos de visita con caída cuando la altura entre el fondo del pozo de visita y el fondo de la tubería de entrada sea mayor de 0.60 m.

IV.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Usualmente son aguas servidas procedentes de hogares o industrias, que se recogen y transportan por el sistema de alcantarillado, las cuales pasan por un tratamiento posterior con procesos físicos, químicos, y biológicos con el fin de eliminar contaminantes producto del uso humano, para producir agua limpia, reutilizable en el ambiente y un residuo sólido para su disposición o reuso.

IV.3.1 Características de las aguas residuales

IV.3.1.1 Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual⁵

- **Sólidos en suspensión:** Pueden originar depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar en un entorno acuático.
- **Materia orgánica biodegradable:** Principalmente proteínas, carbohidratos y grasas animales. Usualmente se mide en función de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Si las aguas se descargan sin tratar, puede llevar al agotamiento de oxígeno a los recursos naturales y al desarrollo de condiciones sépticas.
- **Organismos patógenos:** Causantes de transmitir enfermedades contagiosas.
- **Nutrientes:** Tanto el nitrógeno, como el fósforo y el carbono son esenciales para el crecimiento de plantas y protistas. Cuando se vierten al entorno acuático, éstos pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada.
- **Materia orgánica refractaria:** Resistente al tratamiento convencional. Incluye detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
- **Sólidos inorgánicos disueltos:** Como el calcio, sodio y sulfatos, que posiblemente deban ser removidos para reusar del agua.

IV.3.1.2 Parámetros de calidad permisibles

Para descargar el efluente final en un cuerpo receptor, se deberá cumplir con los parámetros de calidad permisibles establecidos en el decreto 33-95. Ver Tabla 5.

⁵ Fuente: GT INAA. Capítulo. VIII.3.

Tabla 5
Parámetros de calidad permisibles

PARÁMETRO	LÍMITE DE DESCARGA CUERPO RECEPTOR	LÍMITE DE DESCARGA AL CUERPO RECEPTOR	
		MARENA	OMS
Sólidos totales	500		
Volátiles	350		
Fijo	150		
Sólidos suspendidos	300	30 mg/l	30 mg/l
Volátiles	250		
Fijo	50		
Sólidos disueltos	200		
Volátiles	100		
Fijo	100		
Sólidos sedimentables	8		
DBO5 (20°C)	200	100 mg/l	30 mg/l
Nitrógeno	75		
Total	50		
Orgánico	20		
Amoníaco	30		
Nitritos (NO ₂)	0.05		
Nitratos (NO ₃)	0.02		
Cloruros	100		
Alcalinidad (CaCO ₃)	100		
Grasas	20		
Temperatura	27°C		
pH	6.5 - 7.5		
Coliformes fecales	-----	1.00E+03 NMP/100ml	1.00E+03 NMP/100ml

Fuente: MARENA, Decreto 33 - 95.

Nota: Todos los valores están en mg/l de no haber otra especificación.

IV.3.2 Procesos en el tratamiento de las aguas residuales

- **Procesos físicos:** Remueven objetos de tamaño considerable en las aguas residuales. Con ellos se logra: remoción de sólidos y arenas, precipitación, con o sin coagulantes o floculantes y separación y filtración de sólidos.
- **Procesos biológicos:** Controlan el medio ambiente de los microorganismos, para obtener condiciones de crecimiento óptimas. Usados principalmente para eliminar DBO, DQO, fósforo, y estabilización de fangos.

- **Procesos químicos:** Usualmente combinados con procedimientos para remover sólidos, lo que se conoce como tratamiento físico-químico, el cual es capaz de eliminar hierro, oxígeno, fosfatos y nitratos.

IV.3.3 Etapas en el tratamiento de aguas residuales

La selección del tren de tratamiento para aguas residuales, depende principalmente de las características del efluente entrante, la calidad requerida para el efluente final y los costos de operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil del sistema.

En el tratamiento se pueden distinguir hasta cuatro etapas que a su vez comprenden procesos químicos, físicos y biológicos. Estas son:

- **Tratamiento preliminar:** Prepara las aguas para el tratamiento siguiente, de modo que no se den obstrucciones o depósitos permanentes en los tanques. También minimiza las variaciones de caudal y presencia de material flotante.
- **Tratamiento primario:** Conjunto de procesos físicos o físico-químicos, destinados a remover las partículas suspendidas, no retenidas en el tratamiento preliminar. Mediante este tratamiento, se trata de reducir la DBO₅ de las aguas residuales entrantes, al menos en un 20% antes del vertido, y los sólidos suspendidos de entrada en al menos en un 50%.
- **Tratamiento secundario:** Encargado de degradar la materia orgánica presente en las aguas residuales, una vez superados el tratamiento preliminar y primario.
- **Tratamiento terciario:** Es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales. Usualmente consiste en procesos físico-químico que reducen drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos. En muchos casos, este tratamiento queda limitado a una desinfección para eliminar patógenos.

IV.3.4 Opciones para el tratamiento de aguas residuales

Antes del tratamiento, las normativas nacionales disponen de un tratamiento preliminar consistente en rejillas, desarenadores y medidores del caudal antes de que este ingrese al tratamiento.

La selección del tratamiento posterior depende principalmente de las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, disponibilidad de terreno, costos de construcción y operación del sistema de tratamiento y la confiabilidad del sistema de tratamiento.

La mejor opción se selecciona en base al estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y los costos de las posibles soluciones técnicas. En la Tabla 6, podemos apreciar a gran escala, las unidades más comunes en las diversas etapas de un tren de tratamiento, en conjunto con las características más prominentes de las mismas.

Tabla 6
Tipos de unidades de tratamiento y características

ETAPA EN EL TRATAMIENTO	UNIDADES MÁS COMUNES DE TRATAMIENTO	CARACTERÍSTICAS
Tratamiento Preliminar	Rejas, tamices, desarenadores, medidores de caudal y retenedores de grasas.	Remoción de sólidos gruesos y sedimentables y grasas.
Tratamiento Primario	Decantadores (tanques sépticos e Imhoff), campos de oxidación, pozos de absorción y filtros anaerobios.	Reducción de sólidos en suspensión y de la DBO ₅ de las aguas residuales
Tratamiento Secundario	Lagunas de estabilización (facultativas y anaerobias), lodos activados, filtros anaerobios, zanjas de oxidación, lechos bacterianos y biofiltros.	Remoción de materia orgánica biodegradable, no retirada por el tratamiento primario
Tratamiento Terciario	Lagunas de maduración, humedales, lechos bacterianos y desinfección.	Tratamiento adicional. Elimina sólidos suspendidos y sustancias disueltas en el agua después del tratamiento secundario

IV.3.5 Tratamiento preliminar

IV.3.5.1 Rejillas

Son un conjunto de barras, colocadas una al lado de la otra, que pueden ser rectangulares o circulares y con un determinado grado de inclinación. Tienen como fin retener sólidos suspendidos de dimensiones considerables. Pueden ser de limpieza manual o mecánica. Para instalaciones pequeñas, se utilizan las de limpieza manual.



Ilustración 2
Rejillas de limpieza manual

Para facilitar la remoción de sólidos, la inclinación debe ser menor a 60°. Para rejas de limpieza manual usualmente oscila entre 30° y 45° con la horizontal. Dependiendo de las características del líquido residual y de las rejillas, se limpiarán periódicamente para evitar una excesiva pérdida de carga.

Según la separación entre barras, encontramos: rejillas finas (entre 3/8" y 3/4"), rejillas medianas (entre 3/4" y 1/2") y rejillas gruesas (mayores a 1/2").

Para el diseño de las rejillas, INAA Como brinda las siguientes consideraciones:

- En la parte superior, se colocará una placa de drenaje o perforada para que los objetos rastrillados se almacenen temporalmente para su escurrimiento.
- Las barras no serán menores a 1 cm de anchura y 5 cm de profundidad. La longitud de las barras debe ser tal que se extienda por lo menos 25 cm en proyección vertical por arriba del nivel máximo del agua.
- El canal donde se ubica la rejilla deberá ser recto, para brindar una distribución uniforme del flujo y mantener una velocidad aproximada de 0.45 m/s a caudal máximo.
- El nivel de aguas arriba de la reja, es determinado por el nivel del agua de la unidad canal subsiguiente y por la pérdida de carga en la reja. Una vez conocido este nivel (aguas arriba), resulta el ancho total de la reja (ancho del canal).
- Normalmente se coloca el medidor de caudal aguas abajo de las rejas para evitar que el material flotante cause problemas.

También encontramos información de auxilio para el diseño. Ver Tablas 7 y 8.

Tabla 7
Información para el diseño de rejillas

INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL DISEÑO DE REJILLAS DE BARRAS		
Parámetro	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Sección recta de la barra:		
Anchura (mm)	5 - 15	5 - 15
Profundidad (mm)	25 - 37.5	25 - 37.5
Separación entre barras (mm)	25 – 50	15 - 75
Ángulo con la Horizontal (grados)	30 – 45	0 - 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0.30 - 0.60	0.60 - 1.10
Pérdida de carga admisible (m)	0.15	0.15

Fuente: GT INAA. Tabla 9-1.

Tabla 8
Valores de β

VALORES DE β DE KIRSCHMER	
Tipos de Barras	β
Rectangular con Aristas Vivas	2.42
Circular	1.79

Fuente: GT INAA. Tabla 9-2.

IV.3.5.2 Desarenadores

Tienen por función remover sólidos pesados. Se ubicarán antes de las demás unidades de tratamiento, si ello facilita la operación del tratamiento.

La instalación de rejillas, antes del desarenador, también facilita la remoción de arena y limpieza de los canales de desarenado. Se proveerá un mínimo de dos unidades.



Ilustración 3
Desarenadores de 2 unidades en paralelo

Normalmente encontramos dos tipos de desarenadores: de flujo horizontal y aireado. Los de flujo horizontal normalmente son diseñados para remover partículas mayores a 0.20 mm y los aireados para remover partículas menores a este diámetro.

Para aguas residuales, se diseñan mayormente desarenadores de flujo horizontal, con una velocidad horizontal aproximada a 0.30 m/s, la que permite transportar partículas orgánicas del agua residual a través de la cámara y resuspender el material orgánico sedimentado, aun así asentando el material inorgánico pesado.

Los parámetros de diseño para desarenadores de flujo horizontal, se exponen en la Tabla 9.

Tabla 9
Información de diseño de desarenadores de flujo horizontal

INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES DE FLUJO HORIZONTAL		
Parámetro	Intervalos	
	Intervalos	Típico
Tiempo de retención (s)	45 - 90	60
Velocidad horizontal (m/s)	0.24 - 0.40	0.30
Velocidad de sedimentación para la eliminación de:		
Malla 65 (m/min) ⁽¹⁾	0.95-1.25	1.15
Malla 106 (m/min) ⁽¹⁾	0.60 - 0.90	0.75
Relación largo-ancho	2.5:1 – 5:1	
Relación ancho-profundidad	1:1 – 5:1	
Carga Superficial (m ³ /m ² .d)	700 - 1600	
Incremento de longitud por turbulencia en la entrada y salida	2. Hm - 0.5 L	
Hm: Prof. Máxima del Desarenador		
L: Long. Teórica del Desarenador		
⁽¹⁾ : Si el peso específico de la arena es substancialmente menor que 2.65, deben utilizarse velocidades inferiores.		

Fuente: GT INAA. Tabla 9-3.

IV.3.5.3 Medidores de caudales de aguas residuales

La medición de caudales en cualquier sistema de tratamiento es de gran importancia, por lo que se deberán instalar dispositivos para regular el caudal en la planta de tratamiento.

Los medidores son unidades de bajo costo, en relación con el costo total de la obra y suministran datos importantes para la operación de los sistemas de tratamiento. Los medidores más usados son: vertederos proporcionales, medidor Parshall, medidor Venturi y vertederos rectangulares y triangulares.

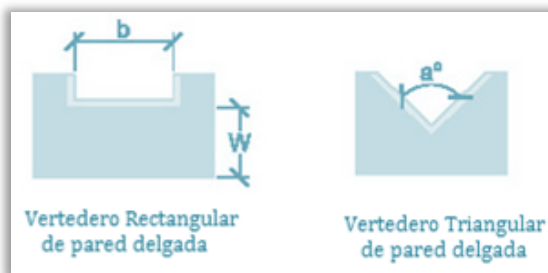
▪ Medidor Parshall

Es el de mayor uso en plantas de tratamiento en el país. Es un medidor de flujo crítico de fácil construcción. Entre sus ventajas destacan que: depende de sus propias características hidráulicas, una sola determinación de carga es suficiente, la pérdida de carga es baja, posee sistema de auto limpieza que hace que no haya obstáculos capaces de provocar formación de depósitos.

▪ Vertederos rectangulares y triangulares

Se instalan cuando no hay problemas de sólidos que puedan obstruir esos dispositivos. Deberán ser de pared delgada, arista viva y trabajar a descarga libre. El triangular deberá ser de escotadura en ángulo de 90° . Proporcionan un excelente método para medir pequeños gastos.

Ilustración 4
Vertederos de pared delgada



En la tablas 10 y 11 podemos apreciar los gastos para vertederos de pared delgada.

Tabla 10
Gasto para vertederos rectangulares

GASTO POR METRO LINEAL EN VERTEDERO RECTANGULAR					
Carga (m)	Gasto (m^3/s)	Carga (m)	Gasto (m^3/s)	Carga (m)	Gasto (m^3/s)
0.01	0.0018	0.18	0.1360	0.35	0.3686
0.02	0.0050	0.19	0.1474	0.36	0.3845
0.03	0.0048	0.20	0.1595	0.37	0.4007
0.04	0.0142	0.21	0.1712	0.38	0.4169
0.05	0.0169	0.22	0.1837	0.39	0.4336
0.06	0.0262	0.23	0.1963	0.40	0.4503
0.07	0.0329	0.24	0.2093	0.41	0.4673
0.08	0.0403	0.25	0.2225	0.42	0.4845
0.09	0.0481	0.26	0.2360	0.43	0.5020
0.10	0.0562	0.27	0.2497	0.44	0.5196
0.11	0.0650	0.28	0.2638	0.45	0.5374
0.12	0.0740	0.29	0.2780	0.46	0.5554
0.13	0.0835	0.30	0.2925	0.47	0.5735
0.14	0.0933	0.31	0.3072	0.48	0.5919
0.15	0.1034	0.32	0.3222	0.49	0.6105
0.16	0.1139	0.33	0.3375	0.50	0.6294
0.17	0.1248	0.34	0.3530		

Fuente: GT INAA. Tabla 10-2.

Tabla 11
Gasto para vertederos triangulares

GASTO EN VERTEDERO TRIANGULAR / ESCOTADURA DE 90°					
Carga (m)	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Gasto (m³/s)
0.01	0.00000	0.18	0.01918	0.35	0.10150
0.02	0.00000	0.19	0.02198	0.36	0.10864
0.03	0.00014	0.20	0.02506	0.37	0.11662
0.04	0.00042	0.21	0.02828	0.38	0.12460
0.05	0.00084	0.22	0.03178	0.39	0.13300
0.06	0.00126	0.23	0.03556	0.40	0.14168
0.07	0.00182	0.24	0.03948	0.41	0.15064
0.08	0.00252	0.25	0.04368	0.42	0.16002
0.09	0.00336	0.26	0.04830	0.43	0.16968
0.10	0.00448	0.27	0.05306	0.44	0.17976
0.11	0.00560	0.28	0.05810	0.45	0.19012
0.12	0.00700	0.29	0.06342	0.46	0.20090
0.13	0.00854	0.30	0.06902	0.47	0.21196
0.14	0.01022	0.31	0.07490	0.48	0.22344
0.15	0.01218	0.32	0.08106	0.49	0.23534
0.16	0.01428	0.33	0.08764	0.50	0.24752
0.17	0.01666	0.34	0.09436		

Fuente: GT INAA. Tabla 10-3.

IV.3.6 Unidades de tratamiento de aguas residuales

IV.3.6.1 Tanques sépticos

En estas unidades de tratamiento primario, se realiza la separación (mediante sedimentación) y la transformación físico-química de la materia sólida. Normalmente son unidades cerradas, de escurrimiento horizontal y continuo.

La velocidad y permanencia del líquido del tanque permiten la descomposición de las partículas en suspensión. En el fondo del tanque, la materia sólida es digerida por descomposición anaerobia y transformada en sustancias sólidas parcialmente mineralizadas, líquidos y gases.

Los tanques sépticos, seguidos de un sistema de absorción en el suelo, constituyen sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales ampliamente utilizados, mayormente en áreas rurales, por su costo relativamente bajo y el limitado mantenimiento que requieren.

Para el diseño de estas unidades, INAA ofrece las siguientes recomendaciones:

- Número de cámaras: dos.
- Relación entre la longitud total (L) y ancho (B): $2 < L/B \leq 4$.
- Profundidad útil (h) mínima de 1.20 m y ancho máximo del tanque de 2 h.
- La 1ra y 2da cámara tendrán un volumen igual a $2/3V$ y $1/3V$ respectivamente del volumen útil total calculado
- La 1ra y 2da cámara tendrán una longitud igual a $2/3L$ y $1/3L$ respectivamente.
- El borde inferior de la abertura de pase entre las cámaras estará a $2/3h$ y el superior, mínimo a 0.30 m bajo el nivel del líquido.
- El área total de la abertura deberá estar entre el 5 y 10% del área de la sección transversal del volumen útil.
- La rasante del tubo de entrada estará a 0.075 m por encima de la superficie libre del líquido.
- Se proveerán dispositivos de entrada y salida, en los cuales la parte sumergida será mínimo de 0.30 m y la parte fuera de la superficie del agua mínimo de 0.20 m.
- Se proveerá en cada cámara una boca de inspección de forma circular con un diámetro mínimo de 0.60 m y la tapa deberá colocarse sobre un bordillo de 0.15 m de alto con respecto al nivel superior del tanque.
- Período de retención mínimo de 0.5 días y contribución de lodo fresco de un litro/hab.día. Ver Tablas 12 y 13.
- Los coeficientes de reducción de lodos serán iguales a 0.25 y 0.50 para lodo digerido y lodo en digestión respectivamente.
- La capacidad para almacenamiento de lodo digerido deberá ser para un período mínimo de un año.

Tabla 12
Contribución diaria de lodos frescos (Lf)

	UNIDADES	CONTRIBUCIÓN DE LODOS FRESCOS (LF)
Ocupantes Permanentes		
Hospitales	persona	1
Apartamentos	persona	1
Residencia	persona	1
Escuelas e internados	persona	1
Casa populares y rurales	persona	1
Hoteles (sin cocina ni lavandería)	persona	1
Alojamientos	persona	1
Ocupantes Temporales		
Fábricas en general	operarios	0.30
Oficinas	persona	0.20
Edificios públicos	persona	0.20
Escuelas (externas)	persona	0.20
Cines, teatros e iglesias	lugares	0.20

Fuente: Ing. María Elena Baldizón. Apuntes de Ingeniería Sanitaria II.
Cuadro 11.2

Tabla 13
Períodos de retención de tanques sépticos

CONTRIBUCIÓN DIARIA DE AGUAS RESIDUALES (L/D)	TIEMPO DE RETENCIÓN (T)	
	Horas	Días
Hasta 1,500	24	1.00
De 1,501 a 3,000	22	0.92
De 3,001 a 4,500	20	0.83
De 4,501 a 6,000	18	0.75
De 6,001 a 7,500	16	0.67
De 7,501 a 9,000	14	0.58
Mayor a 9,000	12	0.50

Fuente: Ing. María Elena Baldizón. Apuntes de Ingeniería Sanitaria II.
Cuadro 11.3

IV.3.6.2 Tanques Imhoff

Son unidades de tratamiento primario (anaerobio), de dos pisos, en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos sedimentados en el inferior.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de nata. En las tablas 14 y 15 se presentan auxilios para el diseño de estas unidades:

Tabla 14
Información típica par el diseño de tanques Imhoff

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	
		Intervalo	Típico
Cámara de sedimentación			
Volumen	m3/hab	-	0.03
Carga superficial	m3/m2.h	1.0-1.7	1.35
Carga sobre el vertedero efluente	m3/m.h	7-25	24
Tiempo de retención	h	2.0-4.0	2.0
Velocidad del flujo	cm/min	-	30
Longitud/ancho	Relación	2:1-5:1	3:1
Pendiente del fondo (V/H)	Relación	5:4-7:4	3:2
Abertura de comunicación entre cámaras	cm	15-30	25
Proyección horizontal del saliente	cm	15-30	25
Deflector de espumas			
Por debajo de la superficie	cm	25-40	30
Por encima de la superficie	cm	-	30
Borde libre	cm	45-60	60
Zona de ventilación de gases			
Superficie en % del total	%	15-30	20
Anchura de abertura	cm	45-75	60
Cámara de digestión			
Volumen	m3/hab	0.05-0.10	0.06
Pendiente mínima del fondo (V/H)	Relación		1:2
Φ Tubería de extracción de lodos	cm	20-30	25
Distancia libre hasta el nivel de lodos	cm	30-90	60
Profundidad total del tanque	m	7.25-9.5	9.0

Fuente: GT INAA. Tabla 11-2.

Tabla 15
Valor de Fcr

TEMPERATURA (°C)	Fcr
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
> 25	0.5

Fuente: Guías para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. CEPIS. Tabla 2.

IV.3.6.3 Filtros anaerobios de flujo ascendente

El filtro anaeróbico de flujo ascendente es una alternativa para dar un tratamiento complementario al efluente de un tanque séptico.

Para su diseño, INAA brinda las siguientes recomendaciones:

- El filtro deberá estar contiguo al tanque séptico y tendrá un fondo falso perforado.
- El lecho filtrante tendrá 1.20m de altura y una granulometría lo más uniforme posible (entre 4-7mm) colocándose la más gruesa en la parte inferior del lecho.
- Para cualquier volumen, la profundidad útil del filtro será de 1.80 m.
- La pérdida de carga en el filtro será de 0.10m, por tanto el nivel de salida del efluente estará a 0.10m abajo del nivel de la superficie del agua en el tanque séptico.
- El fondo falso tendrá aberturas de ϕ 0.03 m espaciados 0.15 m de centro a centro.
- El paso del tanque séptico hacia el filtro podrá ser de un tubo con una tee en la salida del tanque y su rama vertical deberá estar curvada próximamente al fondo del filtro. El tubo deberá ser de PVC o Polietileno, con un diámetro no menor de 0.10 m.
- El filtro deberá proveerse de su boca de inspección similar a la indicada para el tanque séptico. También se le proveerá de un sistema adecuado para aplicarle agua a presión en la parte superior del lecho filtrante, cuando sea necesaria su limpieza.

IV.3.6.4 Humedales (Biofiltros)

En estas unidades se combinan los procesos de filtración, precipitación y biodegradación en una sola etapa de tratamiento. Son filtros biológicos de grava o piedra volcánica, sembrados con plantas de pantano y atravesados de forma horizontal o vertical con aguas residuales pre-tratadas.

Un humedal puede llegar a tener una vida útil de más de veinte años, ya que es un ciclo de vida renovable, donde existe un equilibrio entre el crecimiento y muerte de las plantas y la reproducción de la masa bacteriana.

Este sistema presenta ventajas como la estabilidad ante variaciones de la carga y concentración del afluente, bajos costos de operación y mantenimiento en comparación con otros procesos de tipo convencional, producen un lodo estable concentrado y son de fácil puesta en marcha. Los humedales artificiales pueden ser: de superficie libre (con espejo de agua) o de flujo sub-superficial (sin espejo de agua).

Para su diseño, tenemos los siguientes parámetros:

Tabla 16
Información del medio para humedales de flujo sub-superficial

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL MEDIO PARA HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL			
Medio	Tamaño Efectivo (TE) (mm)	Porosidad (p)	Conductividad Hidráulica (m³/m²/d)
Arena media	1	0.30	500
Arena gruesa	2	0.32	1,000
Arena y grava	8	0.35	5,000
Grava media	32	0.40	10,000
Grava gruesa	128	0.45	100,000

Fuente: GT INAA. Tabla 11-5.

Tabla 17
Conductividad térmica de los componentes del humedal

MATERIAL	K (W/M*°C)	MATERIAL	K (W/M*°C)
Aire (sin convección)	0.024	Grava seca (25% de humedad)	1.5
Agua (a 0°C)	0.58	Grava saturada	2.0
Capa de residuos del humedal	0.05	Suelo seco	0.8

Fuente: Lara, Jaime. Depuración de A.R. mediante humedales artificiales. Tabla 5.

Tabla 18
Información de diseño para humedales de flujo sub-superficial

INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL DISEÑO DE HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL			
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Periodo de retención (días)		Control de mosquitos	No requiere
Remoción de DBO	3-4	Programa de cosecha	No requiere
Remoción de N	4-15		
Carga hidráulica (m ³ /ha.día)	470-1,870	Calidad esperada del efluente (mg/l)	
Carga orgánica (kg DBO/ha.día)	< 112	DBO	< 20
Carga SST (kg/ha.día)	390	SST	< 20
Profundidad del agua (m)	0.30-0.60	NT	< 10
Profundidad del medio (m)	0.45-0.75	Pt	< 5

Fuente: GT INAA. Tabla 11-6.

IV.3.6.5 Lecho de secado de lodos

Constituye uno de los métodos más empleado para reducir el contenido de humedad de los lodos en forma natural. Se utilizan normalmente para la deshidratación de lodos digeridos.

Entre los tipos de lechos encontramos: convencionales de arena, pavimentados, de medio artificial y por vacío. Los más empleados son los lechos convencionales de arena. Usualmente, la superficie total se divide en lechos individuales de 6 m de ancho y longitudes no mayor de 60 m o de dimensiones tales, que el ciclo de carga normal permita el llenado de uno o dos de ellos. INAA presenta las siguientes recomendaciones:

- Muros laterales con borde libre entre 0.5 - 0.9 m por encima de la arena. Se procurará eliminar filtraciones laterales por los muros separadores y laterales.
- Diámetro de tuberías de drenaje entre 10 y 15 cm, separadas entre sí 2 a 3 m con pendiente no menor de 1%. Tuberías de PVC o cualquier otro material resistente a la corrosión y esfuerzos producidos durante su funcionamiento.
- La capa de grava tendrá un espesor entre 0.20 y 0.46 m, redondeada con un diámetro entre 3 y 25 mm. La capa de arena sobre la grava tendrá un espesor entre 0.30 y 0.46 m. Deberá tener un coeficiente de uniformidad entre 3.5 - 4.0 y un tamaño efectivo entre 0.3 - 0.75 mm.
- Se ubicarán a una distancia mínima de 100 m de edificios y urbanizaciones.

IV.3.7 Disposición de las aguas tratadas⁶

Históricamente, la disposición final más común para el efluente de aguas residuales, ha sido el vertimiento sobre un cuerpo receptor (ríos, mares, etc.). Aun así, la contaminación de los recursos hídricos y la escasez de agua potable a nivel mundial, han dado paso al uso de otros métodos para la disposición de este efluente, que propician el reuso de las aguas residuales tratadas, en sectores como el agrícola.

IV.3.7.1 Disposición directa en cuerpos receptores

Es el método más común para la disposición del agua residual. Usualmente basta con el tratamiento secundario, sin embargo no disponer de una dilución adecuada o descargar en un ecosistema delicado, podría requerir tratamiento avanzado.

IV.3.7.2 Disposición en el suelo

Las formas más comunes de aplicación en el terreno son:

- **Irrigación:** El agua residual se aplica a las superficies de terreno, para proporcionar agua y nutrientes para el crecimiento de las plantas. En la mayoría de los casos, se requiere tratamiento secundario.
- **Infiltración rápida:** Consiste en la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua subterránea. Diseñados para disponer de agua residual no deseada, en la actualidad pueden funcionar como un sistema de tratamiento avanzado, siendo el agua percolada recolectada para su reúso.

IV.4 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Para la elaboración de este proyecto, no se consideró la elaboración del estudio de impacto ambiental, dado que existe un documento de estudio de impacto ambiental, para la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario con su correspondiente planta de tratamiento en las comunidades afectadas, realizado por la Ing. Yoli Centeno Kauffman y que es propiedad de la Alcaldía de Matagalpa.

Por lo tanto se referenciara al documento mencionado anteriormente, para cualquier información adicional referente a este aspecto del presente proyecto.

⁶ (www.capac.org). Disposición del Agua Residual

V. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el desarrollo del proyecto, se abordó el diseño en dos etapas fundamentales: actividades de campo (las que incluyen la recopilación de toda la información necesaria para el diseño) y actividades de gabinete, que comprende el análisis de dicha información, seguido por los cálculos de diseño).

V.1 ACTIVIDADES DE CAMPO

V.1.1 Recopilación de información básica

Se realizaron visitas a diferentes instituciones, con el fin de obtener datos que permitieran conocer más a fondo la situación actual a nivel local, datos de consumo, entre otros. Entre estas instituciones se encuentran: Alcaldía de Matagalpa, Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE) y Aguadora de Matagalpa (AMAT).

V.1.2 Encuesta socio-económica⁷

Para esta labor, se llevó a cabo, de manera independiente, la realización de una encuesta socio-económica en los barrios de Monte Tabor y Las Tejas No. 1, con el objetivo de actualizar datos de la población.

Esto debido a la falta de datos de esta índole a nivel local, provenientes de fuentes confiables, así como también para indagar acerca del nivel de vida de la población local, medir el nivel de aceptabilidad del proyecto y hacer constancia de la urgencia del mismo en la localidad. Para la realización de esta encuesta, se tomó una muestra significativa, de aproximadamente el 60% de las viviendas contempladas.

V.1.3 Obtención del plano topográfico

A pesar de que dentro de los objetivos de esta monografía, se encuentra contemplada la realización del levantamiento topográfico de los barrios Monte Tabor y Las Tejas No.1, así como del sitio de tratamiento, durante el transcurso de la elaboración de este proyecto, la Alcaldía de Matagalpa fue provista de dicha información, siendo la misma facilitada posteriormente en beneficio del proyecto monográfico. Por lo anterior, se convierte innecesaria la realización de un nuevo levantamiento para el proyecto.

⁷ Ver Boleta Empleada en Apéndice E

V.2 ACTIVIDADES DE GABINETE

V.2.1 Estudio de la población

V.2.1.1 Características de la población

Mediante el análisis de los datos obtenidos de la encuesta socio-económica, fue posible identificar a grandes rasgos, la siguiente situación:

- El 70% de la población se encuentra en edades entre 12 y 60 años.
- El 63% de la población económicamente activa, percibe mensualmente ingresos entre los C\$3,000 y C\$8,000 por vivienda, la mayoría son asalariados.
- Aproximadamente el 64% de las aguas grises, son depositadas en patios y calles de los barrios. En cuanto aguas negras, el 35% de las viviendas ocupan letrinas y el 65% emplea inodoros con sistema de tanque séptico.
- Casi en su totalidad, la población percibe la necesidad de un sistema de alcantarillado sanitario para mejorar las condiciones de su entorno.

V.2.1.2. Proyección de la población futura

Con los datos obtenidos de la encuesta realizada, fue posible obtener el índice habitacional promedio de la zona (5.2 hab/viv), debido a que no se cuenta con información anterior, se propuso un mínimo de 6 hab/viv para el proyecto, ya que es el valor usual en este tipo de proyecto.

Dado a que los barrios del proyecto no cuentan con las condiciones para extender su territorio, se utilizara el método de población de saturación para proyectar la población futura, haciendo una verificación por medio del método de crecimiento geométrico.

▪ Método de población de saturación

Conociendo el número de lotes de los barrios, tanto los que se encuentran habitados, como el área disponible para habitar, y disponiendo del área promedio de los lotes locales, se pudo inferir el número total de lotes a tomar en cuenta en el proyecto.

Con este dato y utilizando el índice habitacional promedio fue posible proyectar la población de diseño, en este caso la población límite que alberga la zona, resultando la misma ser de 2,136 hab. Ver Apéndice B.1.

▪ Método de crecimiento geométrico

Para verificar la población de diseño, se empleó el método de crecimiento geométrico. Para aplicarlo se utilizó la tasa promedio de crecimiento anual de los últimos censos nacionales (3.87%) y de acuerdo al Cap. IV.2.1, se seleccionó un periodo de diseño de 25 años. Para proyectar la población se aplicó la Ec.1.

$$P_f = P_o (r + 1)^t \quad (\text{Ec.1})$$

Donde : P_f : Población Final

P_o : Población Inicial

r : Tasa de crecimiento anual

t : Periodo en años de P_o a P_f

Con una población actual de 1,102 habitantes, se obtuvo una población final de 2,407 habitantes, es decir el lugar se satura antes de terminar el periodo de diseño, por lo que la población de diseño se tomará como la población de saturación, es decir 2,136 habitantes.

V.2.2 Diseño de la red de alcantarillado sanitario

V.2.2.1 Trazo de la alternativas

Para el proyecto, se diseñaron dos opciones de redes de alcantarillado. El trazado se realizó en las calles de la localidad, haciendo uso del plano topográfico de la zona para tratar en lo posible de seguir la pendiente natural del terreno y cumplir con los parámetros técnicos y constructivos del proyecto.

La 1era opción, utilizada en las alternativas de diseño 1 y 3, cuenta con una longitud de tubería de 3,942.36 m, con un diámetro único de 6" (150 mm). La red consta de 2 sub-redes que debido a la topografía desembocan en sistemas de tratamiento distintos. La 2da opción, utilizada en las alternativas de diseño 2 y 4, cuenta con 3,758.92 m de tubería, también de 6" (150 mm) de diámetro único. A diferencia de la primera, esta red desemboca en un único sistema de tratamiento. Para los trazados propuestos, los tramos de tuberías fueron diseñados para conducir el flujo por gravedad hasta los lugares de tratamiento.

V.2.2.2 Caudal de diseño

El caudal de diseño se estimó como la suma del caudal máximo, el caudal de infiltración y los caudales especiales (en este caso caudal comercial y público). Para su cálculo también se tuvo en consideración el caudal mínimo para la alcantarilla.

Para el cálculo de estos caudales se hizo una distribución uniforme de los mismos a lo largo de las distancias longitudinales de las redes diseñadas.

▪ Caudal de infiltración (Qinf)

Se utilizarán tuberías PVC. El gasto de infiltración a usar, por ende, será de 2L/hora/100m de tubería y por cada 25 mm de diámetro. (GT INAA, Cap. III.4).

▪ Caudal máximo (Qmáx)

$$Q_{\text{máx}} = H * Q_{\text{med}} \quad (\text{Ec. 2}) \quad \text{Donde : } H : \text{Factor de Harmon. (1.80 - 3.0)}$$

$Q_{\text{med}} : \text{Consumo Medio}$

$$H = \left[1 + \frac{14}{4 + P^{1/2}} \right] \quad (\text{Ec. 3}) \quad \text{Donde : } P : \text{Población en miles de habitantes}$$

$$Q_{\text{med}} = \frac{P * \text{Dot.} * Fr}{86,400} \quad [\text{ps}] \quad (\text{Ec. 4}) \quad \text{Donde : } P : \text{Población (Hab)}$$

$Fr : \text{Factor de retorno (0.80)}$
 $\text{Dot.} : \text{Dotación de agua potable (L/hab/día)}$

▪ Caudal comercial y público

Tabla 19
Dotaciones de agua para consumo comercial y público

DOTACIONES DE AGUA (% DOTACIÓN DOMÉSTICA)	
Consumo	Porcentaje
Comercial	7
Público o Institucional	7

Fuente: GT INAA. Tabla 3-4.

▪ Caudal mínimo (Qmin)

A pesar que las normas de INAA (Cap. III.6), plantean este flujo como 1/5 Qmin, el CEPIS reconoce el flujo mínimo aplicado en el diseño de alcantarillas, como el flujo pico resultante de la descarga de un inodoro sanitario. Si el flujo pico en el tramo del colector en consideración es menor que el caudal mínimo, entonces este último se utiliza en el diseño. El flujo pico mínimo, actualmente se estima en 1.5 l/s.⁸

⁸ Fuente: CEPIS/OPS. Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado.

V.2.2.3 Análisis hidráulico de las alternativas

Se realizó un análisis individual de cada tramo de tubería, contando con los datos de caudal de diseño, elevaciones del terreno y longitud de tramos. Después del análisis, fue posible obtener las características de las alternativas propuestas.

- **Diámetro y pendientes de tubería**

Se estableció un diámetro de tubería PVC de 6" (150 mm). Se trató de conservar la pendiente del tubo igual a la pendiente natural del terreno. En los casos que esto no fue posible, se utilizó la pendiente que conllevara a menos volúmenes de excavación, siempre y cuando cumpliera con los rangos establecidos para diferentes condiciones de diseño.

- **Cobertura mínima de tubería**

A pesar de que INAA no establece en sus normas, un valor mínimo específico para este criterio, a nivel internacional, el CEPIS establece un valor mínimo de 1.0 m para alcantarillado convencional, como es el caso de este proyecto. También existen atenuantes, por ejemplo el hecho de que la experiencia en este tipo de diseños en el país sugiere un valor de 1.20 m y la circunstancia específica de que las tuberías no estarán sometidas a esfuerzos significativos, dado que no se encuentra en tramos de carretera con tráfico pesado. Por lo expresado anteriormente, se decidió proponer para este proyecto una cobertura mínima sobre tubería de 1.20 m.

- **Relaciones hidráulicas para sección parcialmente llena**

Para calcular las condiciones de diseño (tirante, velocidad del flujo y radio hidráulico), se establecieron relaciones entre las condiciones a sección llena y las de sección parcialmente llena, mediante la fórmula de Manning.

El resultado del cálculo de estas relaciones, partiendo de la relación entre el caudal de diseño y el caudal a sección llena, puede apreciarse en el Apéndice D. Teniendo estos valores y partiendo de la relación conocida entre el caudal de diseño y el de sección llena, fue posible obtener las condiciones para la tubería (sección parcialmente llena).

- **Tensión de arrastre**

Se calculó en base a la Ec.5, conservando pendientes que generaran más de 1 Pa.

$$f = W * Rh * S \quad (Ec.5) \quad \text{Donde: } W : \text{Peso específico}(9810\text{N/m}^3)$$

$$Rh : \text{Radio hidráulico de diseño (m)}$$

$$S : \text{Pendiente (m/m)}$$

▪ Volúmenes de tierra

Se trató de disminuir costos de excavación, siempre y cuando se cumplieran todos los criterios de diseño. Para calcular volumen de tierra se empleó la Ec.6.:

$$Vol = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) * Azanja * Dist. \quad (Ec. 6) \quad \text{Donde : } H_1 \text{ y } H_2 : \text{Altura de pozos}$$

Azanja: Entre 45 y 75 cm (D150mm)

Dist. : Distancia entre pozos

V.2.2.4 Pozos de Visita

Dado que la municipalidad cuenta con equipos tradicionales, se colocaron pozos de visita con separaciones máximas (no mayores a 100 m). Las características se propusieron de acuerdo a lo planteado en el capítulo IV.2.5.3 de este documento.

V.2.3 Diseño del sistema de tratamiento

V.2.3.1 Ubicación de los sistemas de tratamiento

Los lugares elegidos para la ubicación del tratamiento se ubican en la parte sur-oeste del casco urbano de la ciudad de Matagalpa. Estas zonas presentan extensiones de tierra propicias para la construcción de las plantas de tratamiento, además de estar constituidas por vegetación de tacotal, que da lugar a la creación de animales invertebrados tales como insectos y gusanos, por lo que se considera que no se generan impactos nocivos al medio ambiente.

El punto de descarga de las aguas, será el río Matagalpa, seleccionado por los siguientes aspectos: la pendiente favorece a una descarga por gravedad, la distancia para descargar el efluente tratado es propicia y la trayectoria del río es grande y facilita un acelerado proceso de auto-purificación por la oxigenación del agua en el transcurso de su corriente.

V.2.3.2 Diseño de las alternativas de tratamiento

Se propusieron 4 alternativas de tratamiento, diseñadas para cumplir con una calidad del efluente establecida en las normas (decreto 33-95). Para esto, se tomaron en cuenta factores como: la calidad del efluente final y los costos de operación y mantenimiento, por lo que se trató de evitar en lo posible, la utilización de equipos que requieran alta calificación de sus operadores y elevados costos de mantenimiento.

En la siguiente tabla, se aprecia una descripción del tren de tratamiento de las alternativas propuestas.

Tabla 20
Alternativas propuestas de tratamiento

Alternativa No.	Item	Descripción	Qd (l/s)	Qm (l/s)
1	RED 1	Red PVC 6". 4016.48 ml. Funcionamiento por gravedad		
	ST 1.1	Tratamiento preliminar (Rejillas + Desarenador + Vertedero Triangular) + Tanque Séptico + FAFA + Humedal	5.636	1.757
	ST 1.2	Tratamiento preliminar (Rejillas + Desarenador + Vertedero Triangular) + Tanque Séptico + FAFA + Humedal	1.500	0.221
2	RED 2	Red PVC 6". 3831.53 ml. Funcionamiento por gravedad		
	ST 2.1	Tratamiento preliminar (Rejillas + Desarenador + Vertedero Triangular) + Tanque Séptico + FAFA + Humedal	6.338	1.978
3	RED 1	Red PVC 6". 4016.48 ml. Funcionamiento por gravedad.		
	ST 1.A	Tratamiento preliminar (Rejillas + Desarenador + Vertedero Triangular) + Tanque Imhoff + Humedal	5.636	1.757
	ST 1.B	Tratamiento preliminar (Rejillas + Desarenador + Vertedero Triangular) + Tanque Imhoff + Humedal	1.500	0.221
4	RED 2	Red PVC 6". 3831.53 ml. Funcionamiento por gravedad		
	ST 2.A	Tratamiento preliminar (Rejillas + Desarenador + Vertedero Triangular) + Tanque Imhoff + Humedal	6.338	1.978

Para definir la metodología a seguir para diseñar las alternativas de tratamiento, se tomaron en cuenta fundamentalmente los criterios establecidos por INAA y por el CEPIS, resultando la siguiente línea de diseño:

▪ **Diseño de rejillas (Tratamiento preliminar)**

a. Condiciones del canal de entrada

$$\frac{Q_d * n}{S^{1/2}} = H_{m\acute{a}x} * B * \left[\frac{H_{m\acute{a}x} * B}{B + 2H_{m\acute{a}x}} \right]^{2/3} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$\frac{Q_{med} * n}{S^{1/2}} = H_{med} * B * \left[\frac{H_{med} * B}{B + 2H_{med}} \right]^{2/3} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{Q_d}{B * H_{m\acute{a}x}} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$V_{med} = \frac{Q_{med}}{B * H_{med}} \quad (\text{Ec. 10})$$

$V_{m\acute{a}x}, V_{med}$: Velocidad máxima y media (m/s)

b. Condiciones de la rejilla

Q_d, Q_{med} : Caudal de diseño y medio (m^3/s)

$H_{m\acute{a}x}$ y H_{med} : Tirantes máximo y medio (m)

B, S : Ancho y pendiente (m y m/m)

n : Coef. de Manning (Concreto 0.013)

- Área total mojada (A_t)

$$A_t = B * H_{m\acute{a}x} \quad (\text{Ec. 11})$$

- Eficiencia (E)

$$E = \frac{a}{a+t} \quad (\text{Ec.12})$$

a : Separación entre barras

t : Espesor de barras

- Área útil (Au)

$$A_u = A_t * E \quad (\text{Ec.13})$$

- Velocidad de paso (Vp)

$$V_p = Q_d / A_u \quad (\text{Ec.14})$$

- Área total y útil con Vmed (At' y Au')

$$A_t' = B * H_{med} \quad (\text{Ec.15})$$

$$A_u' = A_t' * E \quad (\text{Ec.16})$$

- Verificación de Vmed (Vm')

$$V_{m'} = Q_{med} / A_u' \quad (\text{Ec.17})$$

- Pérdida en rejillas

$$H_f = \beta * \left(\frac{t}{a} \right)^{4/3} * \text{Sen} \theta * \frac{V_m^2}{2g} \quad (\text{Ec.18})$$

$$H_{fo} = \left(\frac{E}{0.5 * E} \right)^2 * H_f \quad (\text{Ec.19})$$

Hf : Pérdida en rejillas limpias

Hfo : Pérdida en rejillas obstruidas al 50%

g : Gravedad (9.81 m/s²)

θ : Ángulo de inclinación

- Altura del canal (Hc)

$$H = H_{máx} + H_{fo} + \text{Borde Libre} \quad (\text{Ec.20})$$

- Long. del canal y barras (Lc y Lb)

$$L_c \approx 3.5B \quad (\text{Ec.21}) \quad L_b = \frac{H}{\cos \theta} \quad (\text{Ec.22})$$

- Cantidad de barras (#)

$$\# = \frac{B}{a+t} + 1 \quad (\text{Ec.23})$$

▪ Diseño de desarenadores (Tratamiento preliminar)

a. Zona de sedimentación

- Área superficial (As)

$$A_s = \frac{Q_d}{C_s} \quad (\text{Ec.24})$$

Cs : Carga superficial (m³/m².día)

- Longitud teórica (Lt)

$$L_t = \frac{A_s}{B} \quad (\text{Ec.25})$$

B : Anchura de desarenador (m)

- Velocidad de sedimentación (Vs)

$$V_s = \frac{Q_d}{B * L_t} \quad (\text{Ec.26})$$

Vs : Velocidad de sedimentación (m/s)

- Altura del agua (Hagua)

$$H_{agua} = \frac{L * V_s}{V_{hor}} \quad (\text{Ec.27})$$

Vhor : Velocidad horizontal (m/s)

- Longitud de transición (L_t)

$$L_t = \frac{B - b}{2 * \tan \theta} \quad (\text{Ec.28})$$

B : Ancho desarenador (m)

b : Ancho de canal (m)

θ : Ángulo de transición

- Incremento de longitud x turbulencia

$$\Delta L = (2 * H_m) - (0.5 * L_t) \quad (\text{Ec.29})$$

H_m : Prof.máxima del desarenador

- Longitud real (L_r)

$$L_r = L_t + \Delta L \quad (\text{Ec.30})$$

- Radio Hidráulico (R_h)

$$S = \frac{B * H_{\text{agua}}}{B + 2 * H_{\text{agua}}} \quad (\text{Ec.31})$$

- Pendiente longitudinal (S)

$$S = \left(\frac{n * V_{\text{hor}}}{R_h^{2/3}} \right)^2 \quad (\text{Ec.32})$$

- Pérdidas (H_f)

$$H_f = S * L_r \quad (\text{Ec.33})$$

b. Zona de lodos

- Vol. retenido de arena (V_{arena})

$$V_{\text{arena}} = Q_d * T_{\text{ret}} \quad (\text{Ec.34})$$

T_{ret} : Tiempo de retención de tolva

- Vol. mínimo de tolva (V_{req})

$$V_{\text{req}} = V_{\text{arena}} \quad (\text{Ec.35})$$

- Vol. propuesto de tolva (V_{tolva})

$$V_{\text{tolva}} \geq V_{\text{req}} \quad (\text{Ec.36})$$

▪ Diseño de medidor de caudal

En el caso del medidor de caudal, se dimensionó partiendo del caudal de diseño y obteniendo la carga de la tabla 11. Con este dato se definió la altura del canal.

▪ Diseño del tanque séptico (Tratamiento primario)

a. Dimensionamiento

- Volumen útil (V_u)

$$V_u = 1.3 N (CT + 100Lf) \quad (\text{Ec.37})$$

N = No. de contribuyentes

C = Contribución de desechos (l/día) (0.8Dot)

T = Período de retención (días)

L_f = Lodos frescos (l/día)

- Volumen en cada tanque (V)

$$V = \frac{V_u}{\# \text{ unidades}} \quad (\text{Ec.38})$$

- Volumen en cada cámara

$$V_{\text{cámara 1}} = 2/3 V \quad (\text{Ec.39})$$

$$V_{\text{cámara 2}} = 1/3 V \quad (\text{Ec.40})$$

- Longitud del tanque (Lt)

$$V = B * H_u * L_t \quad (\text{Ec.41})$$

$$\text{Si } L = 2B \therefore B = \sqrt{\frac{V_u}{V 2 H_u}} \quad (\text{Ec.42})$$

B : Anchodel tanque séptico(m)

Hu : Alturaútil del tanque séptico(m)

Lt : Longitud del tanque séptico(m)

- Longitud de las cámaras

$$L_{\text{cámara } 1} = 2/3 L_t \quad (\text{Ec.43})$$

$$L_{\text{cámara } 2} = 1/3 L_t \quad (\text{Ec.44})$$

- Altura del tanque (Ht)

$$H_t = H_{\text{útil}} + B L \quad (\text{Ec.45})$$

BL : Borde libre del tanque séptico

- Área para la construcción del tanque (Ats)

$$A_{ts} = B * L_t \quad (\text{Ec.46})$$

b. Pared Interna

- Área de pared interna (Aint)

$$A_{int} = B * H_t \quad (\text{Ec.47})$$

- Área total de orificios (Aorif)

$$A_{\text{orif}} = 5\% * A_{int} \quad (\text{Ec.48})$$

- Área de cada orificio (Aorif)

$$A_{\text{orif}} = B_{\text{orif}} * H_{\text{orif}} \quad (\text{Ec.49})$$

B_{orif} : Anchode orificios(m)

H_{orif} : Alturade orificios

- Número de orificios en la pared (#)

$$\# = \frac{A_{\text{orif}}}{A_{\text{orif}}} \quad (\text{Ec.50})$$

c. Remoción

- Remoción de DBO y coliformes fecales

$$C_e = C_o - \% \text{Remoción } (C_o) \quad (\text{Ec.51})$$

C_o y C_e : Contaminante inicial y finalrespect.

▪ Diseño de tanque Imhoff (tratamiento primario)

a. Cámara de sedimentación

- Área superficial total (Ast)

$$A_{st} = Q_m / C_s \quad (\text{Ec.52})$$

Cs = Carga superficial (m³/m².h)

- Área superficial por sedimentador (Asu)

$$A_{su} = \frac{A_{st}}{\# \text{ unidades}} \quad (\text{Ec.53})$$

- Volumen total de sedimentador (Vt)

$$V_t = Q_{med} * T_r \quad (\text{Ec.54})$$

T_r = Tiempo de retención

- Volumen de cada sedimentador (Vu)

$$V_u = \frac{V_t}{\# \cdot \text{unidades}} \quad (\text{Ec.55})$$

- Ancho de sedimentador (Bs)

$$Bs = \left(\frac{Asu}{L/B} \right)^{1/2} \quad (\text{Ec.56})$$

L/B = Relación Largo - Ancho

- Longitud del sedimentador (Ls)

$$Ls = Bs * L/B \quad (\text{Ec. 57})$$

- Altura triangular del sedimentador (Hts)

$$Hts = \frac{Bs * Pf}{2} \quad (\text{Ec.58})$$

Pf = Pendiente de fondo

- Área transversal triangular del sedimentador (Atts)

$$Atts = \frac{Bs * Ats}{2} \quad (\text{Ec. 59})$$

- Área transversal rectangular del sedimentador (Atrs)

$$Atrs = \frac{Vu - Atts * Ls}{Ls} \quad (\text{Ec. 60})$$

- Altura rectangular del sedimentador (Hrs)

$$Hrs = \frac{Atrs}{Bs} \quad (\text{Ec.61})$$

- Área transversal total (Atrts)

$$Atrts = Atts + Atrs \quad (\text{Ec.62})$$

- Altura total del sedimentador (Ht)

$$Ht = Hts + Hrs \quad (\text{Ec.63})$$

- Velocidad de flujo horizontal (Vhz)

$$Vhz = \frac{Qmed}{\# \text{ unidades} * Atrts} \quad (\text{Ec.64})$$

b. Cámara de digestión

- Volumen de almacenamiento total (Vat)

$$Vat = 70 * Pob + Fcr \quad (\text{Ec.65})$$

Pob : Población (miles de habitantes)

Fcr : Factor de capacidad relativa

(Depende de la temperatura media anual)

- Volumen de almac. por cámara (Vac)

$$Vac = \frac{Vat}{\# \text{ unidades}} \quad (\text{Ec.66})$$

- Base mayor de cámara de digestión (BM)

$$BM = (Bs + 2bi + s) + (2 * 0.15 * \# \text{unid.}) \quad (\text{Ec.67})$$

bi : Anchode abertura(m)

s : Separación entre sedimentadores (m)

- Longitud de cada cámara (Lc)

$$Lc = \frac{Ls}{\# \text{ unidades}} \quad (\text{Ec.68})$$

- Altura trapezoidal de cámara (Htc)

$$Htc = \frac{BM - Bm}{2} * Pf \quad (\text{Ec.69})$$

Bm : Base menor de cámara

- Volumen trapezoidal (Vtc)

$$Vtc = \frac{Htc}{3} * Lc * BM + Bm^2 + (Lc * BM + Bm^2)^{1/2} \quad (\text{Ec.70})$$

- Volumen rectangular (Vrc)

$$Vrc = Vac - Vtc \quad (\text{Ec.71})$$

- Altura de lodos en zona rectangular (Hrc)

$$Hrc = Vrc / (Lc * BM) \quad (\text{Ec.72})$$

- Altura total de cámara de digestión (Htcd)

$$Htcd = Htc + Hrc + DLNL \quad (\text{Ec.73})$$

DLNL : Distancia libre hasta el nivel de lodos

- Profundidad total del tanque (Hti)

$$Hti = Ht + BL + Htcd \quad (\text{Ec.74})$$

c. Remoción

- Remoción de DBO y coliformes fecales

$$Ce = Co - \% \text{ Remoción } (Co) \quad (\text{Ec.75})$$

Co y Ce : Contaminante inicial y final respect.

▪ Diseño de filtro anaerobio de flujo ascendente (tratamiento secundario)

a. Dimensionamiento

- Volumen total (Vt)

$$Vt = 1.6 \text{ CNT} \quad (\text{Ec.76})$$

C : Contribución de desechos (lppd)

N : Número de contribuyentes

T : Tiempo de retención

- Volumen de cada FAFA (Vu)

$$Vu = Vt / \# \text{ unidades} \quad (\text{Ec.77})$$

- Área del FAFA (A)

$$A = \frac{Vu}{Hu} \quad (\text{Ec.78})$$

Hu : Profundidad útil del FAFA (1.80m)

- Longitud del FAFA (L)

$$L = \frac{A}{B} \quad (\text{Ec.79})$$

B = Anchodel FAFA

b. Remoción

- Remoción de DBO y coliformes fecales

$$Ce = Co - \% \text{ Remoción } (Co) \quad (\text{Ec.80})$$

Co y Ce : Contaminante inicial y final respect.

▪ Diseño de humedales (Tratamiento secundario y terciario)

a. Condiciones iniciales

- Temperatura crítica del agua al entrar (Ta)

$$Ta = 10.443 + 0.688Tai \quad (\text{Ec.81})$$

Tai = Temp. crítica del aire (°)

- Const. Biodegradación a 20°C (K₂₀)

$$K_{20} = K_{20} (37.31 * p^{4.172}) \quad (\text{Ec.81})$$

p = Porosidad

- Constante de reacción temp. ambiente (K)

$$K = K_0 (1.06^{T_a - 20}) \quad (\text{Ec.82})$$

b. Dimensionamiento

- Área superficial requerida (Asup)

$$A_{sup} = \frac{Q_m * \ln(C_o/C_e)}{K * Y * n} \quad (\text{Ec.83})$$

Co : Contaminante en la entrada

Ce : Contaminante en la salida

Y : Profundidad del agua (m)

n : Porosidad del medio filtrante

- Tiempo de retención hidráulica (TRH)

$$TRH = \frac{A_{sup} * Y * n}{Q_m} \quad (\text{Ec.84})$$

- Carga orgánica (Corg)

$$C_{org} = \frac{C_o * Y * n}{TRH} \quad (\text{Ec.85})$$

Co : Carga de DBO inicial

- Carga hidráulica (Ch)

$$Ch = \frac{Q_m}{A_{sup}} \quad (\text{Ec.86})$$

- Coef. de transferencia de calor (U)

$$U = \frac{1}{\left[\frac{Y_1}{K_1} + \frac{Y_2}{K_2} + \frac{Y_3}{K_3} \right]} \quad (\text{Ec.87})$$

$Y_{1,2,3}$: Espesor de capas del biofiltro

$K_{1,2,3}$: Conductividad térmica K (W/m * °C)

- Energía ganada por el agua (q_G)

$$q_G = C_p * \delta * A_{sup} * Y * n \quad (\text{Ec.88})$$

Donde : C_p : Cap. calor específico del agua

δ : Densidad del agua

- Energía pérdida (q_L)

$$q_L = (T_a - T_{ai}) U * A_{sup} * TRH \quad (\text{Ec.89})$$

- Cambio de temperatura (T_c)

$$T_c = \frac{q_L}{q_G} \quad (\text{Ec.90})$$

- Temperatura del efluente (T_e)

$$T_e = T_a - T_c \quad (\text{Ec.91})$$

- Temperatura promedio del agua en el humedal (T_w)

$$T_w = \frac{T_a + T_e}{2} \quad (\text{Ec.92})$$

- Área superficial de cada celda ($A_{sup\text{unit}}$)

$$A_{sup\text{unit}} = \frac{A_{sup}}{N} \quad (\text{Ec.93})$$

N : Número de celdas

- Caudal de cada celda ($Q_{m\text{unit}}$)

$$Q_{m\text{unit}} = \frac{Q_m}{N} \quad (\text{Ec.94})$$

- Área de la sección transversal (A_t)

$$A_t = \frac{Q_m}{0.1 * K * S} \quad (\text{Ec.95})$$

K : Conductividad hidráulica

S : Pendiente

- Ancho unitario (Bunit)

$$B_{unit} = \frac{At}{Y} \quad (Ec.96)$$

- Longitud unitaria (Lunit)

$$L_{unit} = \frac{A_{sup_{unit}}}{B_{unit}} \quad (Ec.97)$$

▪ Diseño del lecho de secado de lodos

a. Dimensionamiento

- Carga de sólidos (Cs)

$$C_S = Q_m * SS \quad (Ec.99)$$

SS = Sólidos suspendidos (mg/l)

- Masa de sólidos (Msd)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5Cs) + (0.5 * 0.3Cs) \quad (Ec.100)$$

- Volumen de lodos digeridos (Vld)

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_l * (1 - \%hum)} \quad (Ec.101)$$

ρ_l : Densidad de lodos

% hum : % de humedad de lodos

- Volumen de lodos a extraer (V)

$$V = Vld * T \quad (Ec.102)$$

T : Período de limpieza

c. Remoción

- Contaminantes en el efluente

$$C_e = C_o * e^{(-K*TRH)} \quad (Ec.98)$$

C_e : Cantidad del contaminante en el efluente

C_o : Contaminante en el afluente

K : Constante de reacción a temperatura ambiente

- Área del lecho de secado (Als)

$$A_{ls} = \frac{V}{H_a} \quad (Ec.103)$$

H_a : Profundidad de aplicación

- Longitud del lecho de secado (L)

$$L = \frac{A_{ls}}{B} \quad (Ec.104)$$

B : Ancho del lecho de secado

- Área per cápita (Ap)

$$A_p = \frac{N * A_{ls}}{No. \text{ hab}} \quad (Ec.105)$$

N : No. de habitantes

- Carga de sólidos secos (Css)

$$C_{ss} = \frac{Msd}{A_{ls}} \quad (Ec.11.95)$$

▪ Remoción de contaminantes

Para el diseño del tratamiento, se utilizaron los siguientes porcentajes de remoción de contaminantes en las unidades:

- **Tanques sépticos e Imhoff:** Se empleó 50% de remoción para la DBO y 40% para coliformes fecales. Estos valores se tomaron en base a la publicación de La Gaceta No. 90 (Ver Ref. Bibl. 14), donde encontramos rangos de 40-60% (para remoción de DBO) y de 10-90% (para remoción de coliformes fecales).
- **FAFA:** Debido a que no hay una normativa de remoción específica para estas unidades, se emplearon datos provenientes del curso de Ingeniería Sanitaria II, impartido por la Ing. María Elena Baldizón. De esta forma, se utilizó un 80% de remoción para la DBO y un 98% para la remoción de coliformes fecales.
- **Humedal (Biofiltro):** En este caso, no se utilizó un valor estático de remoción de contaminantes, dado que la misma depende de la constante de reacción a temperatura ambiente (K) y el tiempo de retención hidráulica.

Para diseñar las alternativas de tratamiento, se emplearon parámetros de calidad del afluente basados en información de muestreos realizados en la planta de tratamiento de la ciudad de Matagalpa, los que fueron obtenidos a través de la municipalidad.

Así, se diseñó en base a un afluente con las siguientes características:

- Concentración de DBO: 360 mg/l
- Concentración de coliformes fecales: 1.00E+07 NMP/100ml
- Concentración de sólidos suspendidos: 260 mg/l.

V.2.4 Estimación del costo de las alternativas propuestas

Previo al estudio de las alternativas de diseño, se estimó el costo de las mismas, en el cual se incluyeron materiales, equipos y mano de obra, necesarios para la construcción y mantenimiento tanto de la redes como de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Los precios unitarios de los elementos mencionados, se obtuvieron de la inspección de proyectos monográficos con tema similar (Ver Ref. Bibl. 3 y 15).

Los estimados en dólares, se obtuvieron con el valor de referencia de cambio del banco central, de fines de mayo del presente año (22.33 NICXUSD).

V.2.5 Estudio de alternativas y selección de la más óptima

Se consideraron 4 alternativas de diseño, consistentes en:

- **Alternativa 1:** Una red de alcantarillado (Red 1), con 2 sub-redes con sus respectivos sistemas de tratamiento. Ambos sistemas están compuestos por: tratamiento preliminar + tanque séptico + FAFA + biofiltro.

- **Alternativa 2:** Una red de alcantarillado (Red 2), con un sistema de tratamiento, conformado por: tratamiento preliminar + tanque séptico + FAFA + biofiltro.
- **Alternativa 3:** Una red de alcantarillado (Red1), con 2 sub-redes con sus respectivos sistemas de tratamiento. Ambos sistemas están compuestos por: tratamiento preliminar + tanque Imhoff + biofiltro.
- **Alternativa 2:** Una red de alcantarillado (Red 2) con un sistema de tratamiento, conformado por: tratamiento preliminar + tanque Imhoff + biofiltro.

Para seleccionar la alternativa más óptima, se hizo un estudio de los aspectos técnicos y económicos de cada una de ellas, valorando aspectos tales como: la calidad esperada del efluente, el área de tratamiento, las dificultades de construcción, operación y mantenimiento y los costos estimados.

Debido a que es una zona de escasos recursos, la selección de la alternativa optima se hizo dando prioridad a la que tuviera el costo más económico de todas, siempre y cuando cumpliera con los parámetros de calidad establecidos en el decreto 33-95.

VI. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

VI.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE ALTERNATIVAS

VI.1.1 Red de alcantarillado sanitario

Para la red de alcantarillado se hicieron dos propuestas: Red 1 (alternativas 1 y 3) y Red 2 (alternativas 2 y 4). Las principales características de estas propuestas se detallan en la tabla 21. Ver cálculos en Apéndice B.2.

Tabla 21
Características de las alternativas de red de alcantarillado

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ALTERNATIVAS 1 Y 3 (RED 1)	ALTERNATIVAS 2 Y 4 (RED 2)
PVS	und	65	63
Tubería PVC 6"	ml	3,942.36	3,758.92
Pendiente máxima	%	12.92	12.05
Pendiente mínima	%	0.30	0.30
Velocidad máxima	m/s	2.57	2.61
Velocidad mínima	m/s	0.58	0.58
Tensión de arrastre máx.	Pa	20.64	20.81
Tensión de arrastre min.	Pa	1.01	1.01
Profund. máx. PVS	m	5.80	6.72
Profund. min. PVS	m	1.35	1.35
Excavación, relleno y compactación	m ³	4,742.82	5,070.01

Como puede observarse en la tabla anterior, las características de ambas propuestas de redes son muy similares, difiriendo mayormente en términos de longitud (se tiene menor cantidad de tubería para la Red 2) y volumen de tierra (dado que este disminuye en la Red 1). De lo anterior, también se destaca que a nivel técnico, ambas opciones de red cumplen con las normas y los criterios establecidos para el proyecto.

VI.1.2 Sistema de tratamiento

En el caso de las 4 alternativas, se presenta la misma línea de tratamiento preliminar, consistente en: rejillas, desarenador de flujo horizontal y vertedero triangular como medidor de flujo. (Ver detalle de cálculo y dimensiones finales en Apéndice B.4.1).

Las alternativas de tratamiento consisten en:

▪ **Alternativa 1**

La alternativa 1 consiste en 2 sistemas de tratamiento. El primer sistema (ST 1.1), situado en el barrio Las Tejas No.1, está compuesto por: tratamiento preliminar + 2 unidades de tanque séptico + 2 unidades de FAFA + un sistema de humedal de 3 celdas.

En cambio el segundo sistema (ST 1.2), situado en el barrio Monte Tabor y está compuesto por: 1 unidad de tanque séptico + 1 unidades de FAFA + un sistema de humedal de 1 celda.

▪ **Alternativa 2**

La alternativa 2 consiste en 1 sistema de tratamiento (ST 2.1), situado en el barrio Las Tejas No.1 y compuesto por: tratamiento preliminar + 2 unidades de tanque séptico + 2 unidades de FAFA + un sistema de humedal de 3 celdas.

▪ **Alternativa 3**

La alternativa 3 consiste en 2 sistemas de tratamiento. El primer sistema (ST 1.A), situado en el barrio Las Tejas No.1, está compuesto por: tratamiento preliminar + 1 unidad de tanque Imhoff + un sistema de humedal de 3 celdas.

En cambio el segundo sistema (ST 1.B), situado en el barrio Monte Tabor, está compuesto por: 1 unidad de tanque Imhoff + un sistema de humedal de 1 celda.

▪ **Alternativa 4**

La alternativa 4 consiste en 1 sistema de tratamiento (ST 2.A), situado en el barrio Las Tejas No.1 y compuesto por: tratamiento preliminar + 1 unidad de tanque Imhoff + un sistema de humedal de 3 celdas.

En la tabla 22 y 23, pueden apreciarse las características generales de las diversas alternativas de tratamiento propuestas.

Tabla 22
Características de alternativas de tratamiento 1 y 2

	DESCRIPCIÓN	T.S	FAFA	HUMEDAL
Alternativa 1				
	No. unidades	2	2	3
ST 1.2	Área superficial (m2)	45.45	33.74	1,856.65
	Altura promedio (m)	4.10	2.10	0.75
	No. unidades	1	1	1
ST 1.2	Área superficial (m2)	13.54	8.46	233.28
	Altura promedio (m)	3.50	2.10	0.75
Alternativa 2				
	No. unidades	2	2	3
ST 2.1	Área superficial (m2)	51.15	37.97	2,087.93
	Altura promedio (m)	4.10	2.10	0.75
Calidad del efluente (Alternativas 1 y 2)				
	DBO efluente (mg/l)	180	36	0.06
	CF efluente (NMP/100ml)	6.0E+06	6.0E+05	1.0E+03

Tabla 23
Características de alternativas de tratamiento 3 y 4

	DESCRIPCIÓN	T.I	HUMEDAL
Alternativa 3			
	No. unidades	1	3
ST 1.A	Área superficial (m2)		3,110.91
	Altura promedio (m)	8.72	0.80
	No. unidades	1	1
ST 1.B	Área superficial (m2)		391.30
	Altura promedio (m)	7.35	0.80
Alternativa 4			
	No. unidades	1	3
ST 2.A	Área superficial (m2)		3,502.21
	Altura promedio (m)	8.96	0.80
Calidad del efluente (Alternativas 1 y 2)			
	DBO efluente (mg/l)	180	0.03
	CF efluente (NMP/100ml)	6.0E+06	1.0E+03

Como puede apreciarse, las 4 alternativas de tratamiento cumplen con la calidad del efluente requerida según la normativa nicaragüense. También es de destacar, que todas ellas cumplen con los criterios de diseño propuestos. Ver detalles de cálculo en Apéndice B.4.

Para completar el tren de tratamiento en cada una de las alternativas, se tienen lechos de secado de lodos. Ver detalles de cálculo en Apéndice B.4.4.

VI.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS

Una vez diseñadas las alternativas, se estimó el presupuesto de estas. Los costos se pueden apreciar en la siguiente tabla. (Ver detalles de cálculo en el Apéndice C).

Tabla 24
Comparación de los costos de
las alternativas de diseño

COSTO DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
		C\$	C\$	C\$	C\$
Construcción de red de alcantarillado sanitario	Global	10,833,512.37	11,354,500.99	10,833,512.37	11,354,500.99
Operación y mantenimiento de red de alcantarillado sanitario	Global	693,776.22	663,790.38	693,776.22	663,790.38
Construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales	Global	3,486,182.24	3,486,182.24	3,253,090.66	3,253,090.66
Operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales	Global	12,037,481.14	7,142,728.81	12,644,828.15	7,750,075.83
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		C\$ 27,050,951.97	C\$ 22,647,202.43	C\$ 27,425,207.41	C\$ 23,021,457.87
		\$1,211,417.46	\$1,014,205.21	\$1,228,177.67	\$1,030,965.42

De la tabla anterior, se puede apreciar que a nivel global, la alternativa 2 es la que requiere menores recursos para su construcción y funcionamiento integral durante su periodo de diseño.

VI.3 COMPARACIÓN TÉCNICO.ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

La comparación técnico-económica de las diversas alternativas de diseño se resume en la siguiente tabla:

Tabla 25
Comparación técnico-económica de las
alternativas de diseño

ALTERNATIVA	COSTO (C\$)	CALIDAD DEL EFLUENTE		FUNCIONAMIENTO TÉCNICO
		DBO (mg/l)	CF (NMP/100ml)	
Alternativa 1	27,050,951.97	0.06	1.0E+03	✓
Alternativa 2	22,647,202.43	0.06	1.0E+03	✓
Alternativa 3	27,425,207.41	0.03	1.0E+03	✓
Alternativa 4	23,021,457.87	0.03	1.0E+03	✓

De la tabla anterior, podemos inferir que a excepción de los costos, las alternativas diseñadas no difieren significativamente en términos de calidad de efluente y todas cumplen con los criterios de funcionamiento técnico establecidos por la normativa nacional.

VI.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ÓPTIMA

Por todo lo expuesto anteriormente y después de un estudio detallado de todas las alternativas, se llegó a la conclusión de que la alternativa más óptima para la población afectada es la alternativa No.2, debido a que cumple con todos los criterios técnicos y de calidad de efluente y conlleva un menor costo total que el resto de alternativas diseñadas, lo que es una gran ventaja para una población de escasos recursos, como la estudiada en este proyecto.

VII. RESUMEN DE OBRAS PROPUESTAS

VII.1 RESUMEN GENERAL

La alternativa 2 está integrada por una red de alcantarillado sanitario de 3,758.92 m de tubería PVC de 6" de diámetro, que cuenta con 63 PVS. La misma desemboca en un sistema de tratamiento diseñado bajo un caudal de diseño de 6.338 l/s y un caudal medio de 1.978 l/s.

Dicho sistema de tratamiento está situado en el barrio Las Tejas No.1 y está conformado por: tratamiento preliminar (rejillas, desarenador y vertedero triangular) + 2 unidades de tanque séptico + 2 unidades de FAFA + 3 celdas de biofiltro + un lecho de secado de lodos.

VII.2 RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

En la siguiente tabla, se condensan los rasgos generales de la red de alcantarillado de la alternativa 2.

Tabla 26
Detalles de red de alcantarillado para alternativa seleccionada

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
PVS	und	63
Tubería PVC 6"	ml	3,758.92
Pendiente máxima	%	12.05
Pendiente mínima	%	0.30
Velocidad máxima	m/s	2.61
Velocidad mínima	m/s	0.58
Tensión de arrastre máx.	Pa	20.81
Tensión de arrastre min.	Pa	1.01
Profundidad máxima de PVS	m	6.72
Profundidad mínima de PVS	m	1.35
Excavación, relleno y compactación	m3	5,070.01

VII.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO

VII.3.1 Tratamiento preliminar

En este caso, el tratamiento preliminar está conformado por rejillas de limpieza mecánica (colocadas en un canal de aproximación), seguidas por desarenador de flujo horizontal (2 unidades en paralelo y trabajando de manera alterna para su limpieza) y terminando con una unidad medidora de caudal (vertedero triangular de pared delgada). En la tabla 27 se aprecian las dimensiones de estas unidades.

Tabla 27
Detalles de tratamiento preliminar para
alternativa seleccionada

DESCRIPCIÓN	B (m)	L (m)	H (m)
Canal (rejillas)	0.25	2.00	0.30
Rejillas	0.25	0.42	0.30
Desarenador de flujo hz	0.25	2.51	1.10
Canal (vertedero)	0.25	3.50	0.35
Vertedero triangular	---	0.25	0.32

VII.3.2 Tratamiento primario

El tratamiento primario será realizado mediante 2 unidades de tanques sépticos, cuyas dimensiones y calidad de efluente se expresan en la tabla 28.

Tabla 28
Detalles de tanques sépticos para alternativa seleccionada

	UNIDAD	VALOR
No. de unidades	und	2
Dimensiones		
Ancho (B)	m	3.80
Longitud (L)	m	13.46
Profundidad total (H)	m	4.10
Calidad del efluente		
DBO	mg/l	180
Coliformes fecales	NMP/100ml	6.0E+06

VII.3.3 Tratamiento secundario

Se emplearan 2 unidades de FAFA con las siguientes características:

Tabla 29
Detalles de FAFAs para alternativa seleccionada

	UNIDAD	VALOR
No. de unidades	und	2
Dimensiones		
Ancho (B)	m	3.80
Longitud (L)	m	9.99
Profundidad total (H)	m	2.10
Calidad del efluente		
DBO	mg/l	36
Coliformes fecales	NMP/100ml	6.0E+05

VII.3.4 Tratamiento terciario

Se dispondrá de un sistema de humedales con las siguientes características:

Tabla 30
Detalles de humedales para alternativa seleccionada

	UNIDAD	VALOR
No. de celdas	und	3
Dimensiones		
Ancho de celda (B)	m	23.74
Longitud de celda (L)	m	39.18
Profundidad promedio (H)	m	0.75
Calidad del efluente		
DBO	mg/l	0.06
Coliformes fecales	NMP/100ml	1.0E+03

VII.3.5 Lecho de secado de lodos

Para concluir el tratamiento, se tendrá un lecho de secado de lodos de longitud L=15.02m, ancho B=6.0m y un espesor H=0.40m.

VIII. CONCLUSIONES

Después del diseño del presente proyecto, se presentan las siguientes conclusiones:

- La población de saturación fue escogida como población de diseño, con 2,136 habitantes, empleando además un periodo de diseño de 25 años.
- Para la red de alcantarillado, se propusieron 2 opciones, ambas de tipo convencional, con tubería PVC SDR 41 de 6" y funcionando por gravedad. Para el trazo de las mismas, se trató de preservar en lo posible la pendiente natural del terreno, reduciendo así los volúmenes de excavación.
- La primera opción de red cuenta con 2 subredes, las cuales desembocan en sus respectivos sistemas de tratamiento (uno en el barrio Las Tejas No.1 y otro en el barrio Monte Tabor). La segunda opción en cambio, llega a un solo sistema de tratamiento (ubicado en el barrio Las Tejas No.1).
- Se diseñaron 2 opciones en cuanto al tren de tratamiento (la 1era consistiendo en tratamiento preliminar + tanque séptico + FAFA + humedales y la segunda formada por tratamiento preliminar + tanque Imhoff + humedales). Ambas opciones se complementan con el diseño de un lecho de secado de lodos.
- Para las alternativas de diseño del proyecto, se hizo una combinación de las opciones de red con las opciones de tratamiento, resultando así 4 alternativas de diseño propuestas, las cuales todas cumplen con los parámetros hidráulicos, técnicos y de calidad requeridos por las normas nacionales.
- Después del análisis técnico-económico del proyecto, se eligió la alternativa 2 debido a que esta significa un costo menor del proyecto, conservando la calidad requerida para el efluente, la cual casi difiere entre alternativas.
- La alternativa seleccionada (No.2), cuenta con 3,758.92 m de tubería de alcantarillado sanitario PVC de 6" (150 mm) funcionando por gravedad., consta de un sistema de tratamiento (tratamiento preliminar + 2 unidades de tanque séptico + 2 unidades de FAFA + 3 celdas de humedal + 1 lecho de secado de lodos. El costo total del proyecto, para el periodo de diseño, asciende a C\$ 22,647,202.43 (veinte y dos millones seiscientos cuarenta y siete mil doscientos dos córdobas con cuarenta y tres centavos) equivalentes a \$ 1,014,205.21 o \$ 474.82 por persona.

IX. RECOMENDACIONES

Se el desarrollo eficaz del presente proyecto, se brindan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda a la institución competente, en este caso la Alcaldía de Matagalpa, buscar financiamiento para la pronta construcción del proyecto, así como para asegurarse que toda la población del proyecto pueda conectarse eficazmente a la red de alcantarillado sanitario, en aras de mejorar las condiciones de vida y ambientales de la zona.
- Brindar toda la información necesaria a la población, acerca del buen uso y funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario. Es importante darles a conocer el uso único y exclusivo de la misma para transportar aguas residuales domésticas, para que no se de una recarga en las tuberías, contribuyendo así al buen funcionamiento del sistema.
- Debido a la excelente calidad esperada del efluente, se recomienda que esta agua sea empleada con fines de riego para disminuir el caudal a verter en el río.
- Se recomienda el monitoreo periódico del sistema, tanto a la red de alcantarillado sanitario como al sistema de tratamiento, para garantizar el funcionamiento eficiente del conjunto.
- Por último, se recomienda cumplir con las especificaciones propuestas en la sección de operación y mantenimiento del presente proyecto, en aras de exponenciar la eficiencia y correcto funcionamiento del sistema.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Alcaldía de Matagalpa. <<Elaboración de perfiles avanzados de proyectos para mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario>>. 2007.
2. Baldizón, Ing. María Elena. <<Tratamiento de aguas residuales / Folleto de Ingeniería Sanitaria II>>. 2008.
3. Castellón Martínez, Jessenia; Vanegas Corrales, Tania. <<Monografía: Diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales del recinto universitario UNI-Norte, Estelí>>. 2009.
4. Centeno Kauffman, Yoli. <<Estudio de impacto ambiental. Barrios Monte Tabor y las Tejas No.1>>.
5. CEPIS/OPS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <<Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado>>. Lima 2005.
6. CEPIS/OPS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <<Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización>>. Lima 2005.
7. INAA. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. <<Guía para la preparación de proyectos de alcantarillados sanitario para sector urbano marginal y pequeñas localidades>>.
8. INAA. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. <<Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales>>.
9. INETER. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. <<Mapas climáticos de Nicaragua>>.
10. INIFOM. Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal. <<Ficha municipal de Matagalpa>>.
11. Lara, Jaime Andrés. <<Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales>>. Barcelona, España. 1999.
12. Lothar Hess, Max. <<Tratamientos preliminares>>.

13. MARENA. Ministerio del Ambiente y de Recursos Naturales. <<Disposiciones para el control de contaminación proveniente de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias. Decreto 33-95>>.
14. MIFIC. <<Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales / La Gaceta Diario oficial No.90>>. Nicaragua 2006.
15. Pastora, Sheyla; Palacios, María Dolores. <<Monografía: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Telica, León>>. 2010.
16. UNI / Cooperación austriaca para el desarrollo. <<Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades>>. 2006.
17. Web de la Alcaldía de Matagalpa. <<http://www.alcaldiamatagalpa.gob.ni>>.
18. Web de la Cámara Panameña de la Construcción. <<http://www.capac.org>>.
19. Web de la enciclopedia Wikipedia. <<http://es.wikipedia.org>>.
20. Web del grupo Arqhys. <<http://www.arqhys.com>>.
21. Web de Hechos sobre la salud y el medioambiente. <<http://www.greenfacts.com>>.
22. Web del Instituto Nacional de Información y Desarrollo INIDE. <<http://www.inide.gob.ni>>.
23. Web de Monografías. <<http://www.monografias.com>>.

Apéndices

Apéndice A: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Ilustración 5
Localización del sitio del proyecto

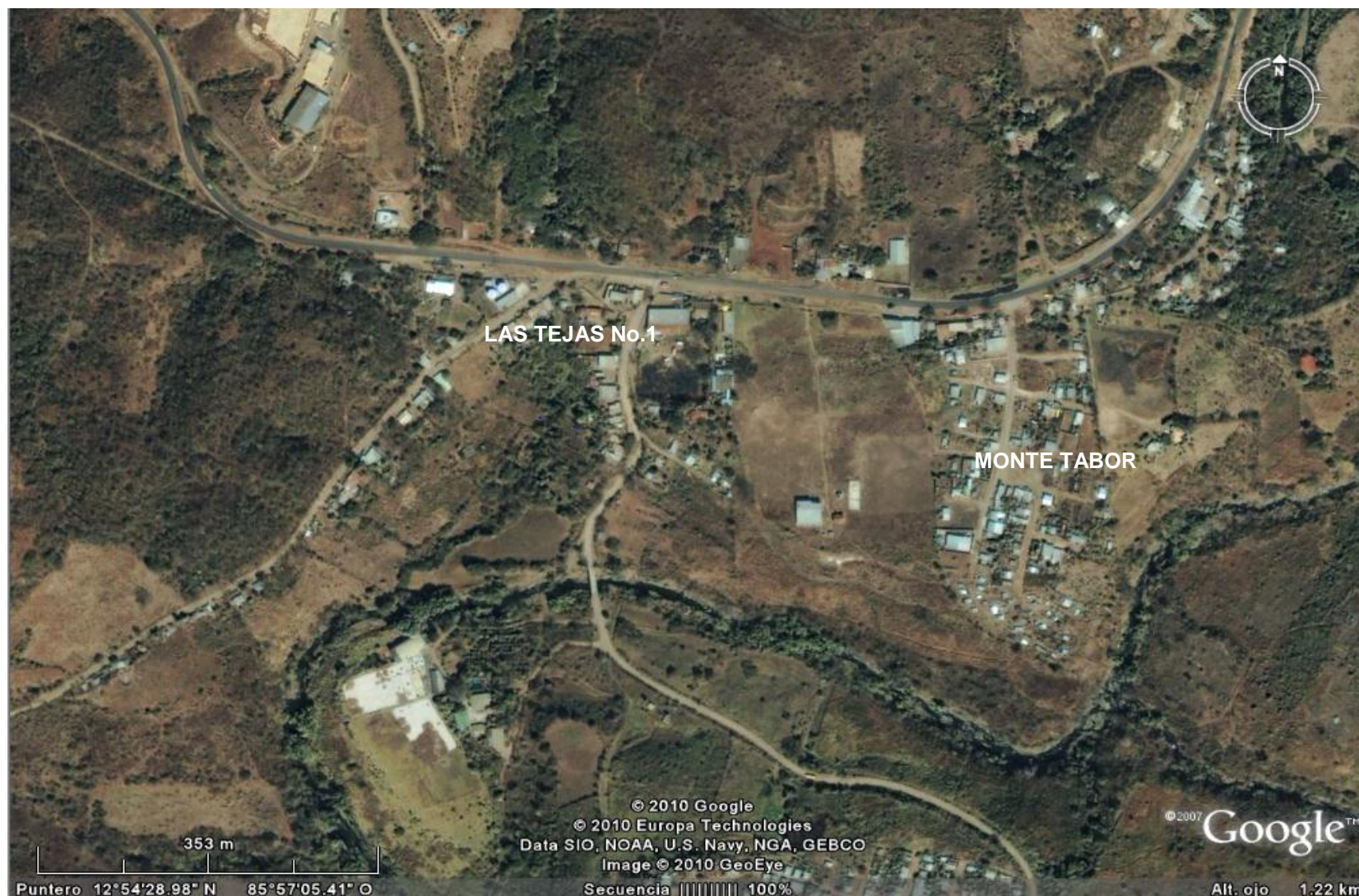


Ilustración 6
Vista aérea del sitio del proyecto

Apéndice B: MEMORIA DE DISEÑO DEL PROYECTO

B.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

Tabla 31
Proyección de la población de saturación

POBLACIÓN DE SATURACIÓN		Monte Tabor	Las Tejas No.1	Total
(1)	Población actual (Hab)	390	712	1,102
(2)	Número total actual de predios con viviendas	80	133	213
(3)	Número total actual de predios vacíos	30	20	50
(4)	Área promedio de predios con viviendas (m2)	160 m2		
(5)	Área total de predios vacíos (m2)	4,800	18,000	22,800
(6)	Número actual de predios factibles a considerar (m2) (5)/(4)	30	113	143
(7)	Número total de predios a considerar para el proyecto (m2) (2)+(6)	110	246	356
(8)	Índice habitacional local (Hab/Vivienda)	5.2		
(9)	Índice habitacional de saturación propuesto (Hab/Vivienda)	6		
(10)	Población de saturación (Hab) (9)*(7)	660	1,476	2,136

B.2 DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

B.2.1 Diseño de Red 1. Alternativas 1 y 3

Tabla 32 / Resultados de diseño de Red 1. Alternativas 1 y 3

DISEÑO DERED 1 - ALTERNATIVAS 1 Y 3																								
No. Tramo	PVS		Tipo Tramo	Longitud (m)			Qmáx (l/s)	Qinf (l/s)	Qcom (l/s)	Qpúb. (l/s)	Qmin (l/s)	Qd (l/s)	Ø (m)	Pendiente (%)		Sección Llena		Relac. Hidráulicas (Parc. Lleno)					Rhd (m)	Vd (m/s)
	A. ARR.	A. ABA.		Local	Aport.	Acum.								Terreno	Tubo	VLL (m/s)	QLL (l/s)	Qd/QLL	h/D	Vd/VLL	Rhd/RhLL			
Ramal No. 1																								
1	10.6.1.1	10.6.1	S.C.	29.09	0.00	29.09	0.043	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-3.10	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	
Ramal No. 2																								
2	10.6.2	10.6.1	S.C.	70.98	0.00	70.98	0.105	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	2.09	2.09	1.80	31.83	0.047	0.147	0.510	0.365	0.01	0.92	
3	10.6.1	10.6	S.C.	32.28	100.07	132.35	0.196	0.004	0.005	0.005	1.500	1.500	0.150	3.44	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	
Ramal No. 3																								
4	10.8.1	10.8	S.C	48.45	0.00	48.45	0.072	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	1.32	1.32	1.43	25.28	0.059	0.165	0.548	0.405	0.02	0.78	
Ramal No. 4																								
5	10.7.1	10.7	S.C.	60.28	0.00	60.28	0.089	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	2.43	2.43	1.94	34.32	0.044	0.142	0.500	0.353	0.01	0.97	
Ramal No. 5																								
6	10.5.1	10.5	S.C.	42.55	0.00	42.55	0.063	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-2.40	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	
Ramal No. 6																								
7	10.4.1	10.4	S.C.	85.92	0.00	85.92	0.127	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	3.12	3.12	2.20	38.87	0.039	0.134	0.482	0.335	0.01	1.06	
Ramal No. 7																								
8	10.3.1	10.3	S.C.	36.07	0.00	36.07	0.053	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-2.86	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	
Ramal No. 8																								
9	10.2.1	10.2	S.C.	33.49	0.00	33.49	0.049	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-2.13	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	
Ramal No. 9																								
10	10.2.A	10.2	S.C.	80.00	0.00	80.00	0.118	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	1.22	1.22	1.38	24.32	0.062	0.168	0.554	0.412	0.02	0.76	
Ramal No. 10																								
11	10.1.1	10.1	S.C.	31.63	0.00	31.63	0.047	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-1.51	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	
Ramal No. 11																								
12	10.1.A	10.1	S.C.	76.16	0.00	76.16	0.113	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	1.87	1.87	1.70	30.05	0.050	0.151	0.519	0.374	0.01	0.88	
Ramal No. 12																								
13	6.8.1	6.8	S.C.	77.87	0.00	77.87	0.115	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	2.04	2.04	1.78	31.42	0.048	0.148	0.513	0.367	0.01	0.91	
Ramal No. 13																								
14	6.2.1	6.2	S.C.	95.00	0.00	95.00	0.140	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	2.10	2.10	1.80	31.85	0.047	0.147	0.510	0.365	0.01	0.92	
Ramal No. 14																								
15	6.1.B	6.1.A	S.C.	88.25	0.00	88.25	0.130	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	4.20	4.20	2.55	45.10	0.033	0.124	0.459	0.311	0.01	1.17	
16	6.1.A	6.1	S.C.	90.00	88.25	178.25	0.263	0.006	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	2.69	2.65	2.03	35.83	0.042	0.139	0.493	0.346	0.01	1.00	
Ramal No. 15																								
17	6.1.8	6.1.7	S.C.	95.00	0.00	95.00	0.140	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	0.05	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	
18	6.1.7	6.1.6	S.C.	69.61	95.00	164.61	0.243	0.005	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	4.95	4.20	2.55	45.10	0.033	0.124	0.459	0.311	0.01	1.17	
19	6.1.6	6.1.5	S.C.	19.96	164.61	184.57	0.273	0.006	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	6.53	6.38	3.15	55.58	0.027	0.113	0.433	0.285	0.01	1.36	
20	6.1.5	6.1.4	S.C.	63.81	184.57	248.38	0.367	0.008	0.009	0.009	1.500	1.500	0.150	3.20	3.15	2.21	39.05	0.038	0.133	0.480	0.332	0.01	1.06	
21	6.1.4	6.1.3	S.C.	60.00	248.38	308.38	0.456	0.010	0.011	0.011	1.500	1.500	0.150	3.84	3.79	2.42	42.83	0.035	0.128	0.468	0.321	0.01	1.14	
22	6.1.3	6.1.2	S.C.	98.82	308.38	407.19	0.602	0.014	0.014	0.014	1.500	1.500	0.150	5.28	5.25	2.85	50.38	0.030	0.118	0.445	0.297	0.01	1.27	
23	6.1.2	6.1.1	S.C.	96.34	407.19	503.54	0.744	0.017	0.017	0.017	1.500	1.500	0.150	2.76	2.72	2.05	36.31	0.041	0.138	0.491	0.344	0.01	1.01	
24	6.1.1	6.1	S.C.	90.22	503.54	593.76	0.877	0.020	0.020	0.020	1.500	1.500	0.150	-1.47	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58	

DISEÑO DE RED 1 - ALTERNATIVAS 1 Y 3																							
No. Tramo	PVS		Tipo Tramo	Longitud (m)			Qmáx (l/s)	Qinf (l/s)	Qcom (l/s)	Qpúb. (l/s)	Qmin (l/s)	Qd (l/s)	Ø (m)	Pendiente (%)		Sección Llena		Relac. Hidráulicas (Parc. Lleno)				Rhd (m)	Vd (m/s)
	A. ARR.	A. ABA.		Local	Aport.	Acum.								Terreno	Tubo	V _{LL} (m/s)	Q _{LL} (l/s)	Qd/Q _{LL}	h/D	Vd/V _{LL}	Rhd/Rh _{LL}		
Ramal No. 16																							
25	10.9	10.8	S.C.	53.84	0.00	53.84	0.080	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	3.71	3.71	2.40	42.40	0.035	0.128	0.468	0.321	0.01	1.12
26	10.8	10.7	S.C.	49.97	102.28	152.26	0.225	0.005	0.005	0.005	1.500	1.500	0.150	4.70	4.64	2.68	47.38	0.032	0.122	0.455	0.307	0.01	1.22
27	10.7	10.6	S.C.	46.07	212.54	258.61	0.382	0.009	0.009	0.009	1.500	1.500	0.150	2.33	2.27	1.87	33.13	0.045	0.144	0.504	0.358	0.01	0.94
28	10.6	10.5	S.C.	15.51	390.96	406.47	0.600	0.014	0.014	0.014	1.500	1.500	0.150	6.09	4.85	2.74	48.45	0.031	0.120	0.450	0.302	0.01	1.23
29	10.5	10.4	S.C.	12.57	449.03	461.60	0.682	0.015	0.016	0.016	1.500	1.500	0.150	1.83	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
30	10.4	10.3	S.C.	6.95	547.51	554.47	0.819	0.018	0.019	0.019	1.500	1.500	0.150	1.57	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
31	10.3	10.2	S.C.	56.44	590.54	646.98	0.956	0.022	0.022	0.022	1.500	1.500	0.150	-0.60	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
32	10.2	10.1	S.C.	35.22	760.47	795.68	1.175	0.027	0.027	0.027	1.500	1.500	0.150	-1.40	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
33	10.1	10	S.C.	49.08	903.47	952.56	1.407	0.032	0.033	0.033	1.500	1.505	0.150	-3.01	0.56	0.93	16.46	0.091	0.204	0.622	0.491	0.02	0.58
Ramal No. 17																							
34	6.12	6.11	S.C.	50.53	0.00	50.53	0.075	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	10.00	10.00	3.94	69.57	0.022	0.101	0.404	0.256	0.01	1.59
35	6.11	6.10	S.C.	68.08	50.53	118.61	0.175	0.004	0.004	0.004	1.500	1.500	0.150	8.77	8.71	3.67	64.92	0.023	0.104	0.411	0.264	0.01	1.51
36	6.10	6.9	S.C.	48.01	118.61	166.62	0.246	0.006	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	3.14	3.06	2.18	38.49	0.039	0.134	0.482	0.335	0.01	1.05
37	6.9	6.8	S.C.	81.74	166.62	248.37	0.367	0.008	0.009	0.009	1.500	1.500	0.150	5.01	4.96	2.77	48.98	0.031	0.120	0.450	0.302	0.01	1.25
38	6.8	6.7	S.C.	95.00	326.23	421.23	0.622	0.014	0.015	0.015	1.500	1.500	0.150	2.42	2.37	1.92	33.90	0.044	0.143	0.502	0.355	0.01	0.96
39	6.7	6.6	S.C.	85.17	421.23	506.40	0.748	0.017	0.017	0.017	1.500	1.500	0.150	2.42	2.38	1.92	33.92	0.044	0.143	0.502	0.355	0.01	0.96
40	6.6	6.5	S.C.	90.00	506.40	596.40	0.881	0.020	0.021	0.021	1.500	1.500	0.150	2.48	2.43	1.94	34.32	0.044	0.142	0.500	0.353	0.01	0.97
41	6.5	6.4	S.C.	70.00	596.40	666.40	0.984	0.022	0.023	0.023	1.500	1.500	0.150	3.34	3.28	2.25	39.85	0.038	0.132	0.478	0.330	0.01	1.08
42	6.4	6.3	S.C.	80.00	666.40	746.40	1.103	0.025	0.026	0.026	1.500	1.500	0.150	2.94	2.89	2.12	37.41	0.040	0.136	0.486	0.339	0.01	1.03
43	6.3	6.2	S.C.	89.88	746.40	836.28	1.235	0.028	0.029	0.029	1.500	1.500	0.150	1.51	1.47	1.51	26.64	0.056	0.161	0.540	0.396	0.01	0.81
44	6.2	6.1	S.C.	13.93	931.28	945.21	1.396	0.032	0.033	0.033	1.500	1.500	0.150	7.90	7.61	3.43	60.68	0.025	0.108	0.421	0.273	0.01	1.45
45	6.1	6	S.C.	93.66	1,717.21	1,810.87	2.675	0.060	0.062	0.062	1.500	2.860	0.150	-1.38	0.40	0.79	13.91	0.206	0.307	0.786	0.697	0.03	0.62
Ramal No. 18																							
46	3.1	3	S.C.	91.58	0.00	91.58	0.135	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	5.80	5.80	3.00	52.98	0.028	0.115	0.438	0.290	0.01	1.31
Ramal No. 19																							
47	11	10	C.P.	49.79	0.00	49.79	0.074	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	0.07	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
48	10	9	C.P.	96.93	1,002.35	1,099.28	1.624	0.037	0.038	0.038	1.500	1.736	0.150	2.35	0.56	0.93	16.46	0.105	0.219	0.649	0.523	0.02	0.60
49	9	8	C.P.	95.00	1,099.28	1,194.28	1.764	0.040	0.041	0.041	1.500	1.886	0.150	3.53	0.65	1.00	17.67	0.107	0.220	0.651	0.525	0.02	0.65
50	8	7	C.P.	90.00	1,194.28	1,284.28	1.897	0.043	0.044	0.044	1.500	2.029	0.150	2.71	2.67	2.04	35.97	0.056	0.161	0.540	0.396	0.01	1.10
51	7	6	C.P.	90.00	1,284.28	1,374.28	2.030	0.046	0.047	0.047	1.500	2.171	0.150	3.35	3.31	2.27	40.05	0.054	0.158	0.534	0.390	0.01	1.21
52	6	5	C.P.	42.26	3,185.15	3,227.40	4.768	0.108	0.111	0.111	1.500	5.098	0.150	2.74	0.30	0.68	12.05	0.423	0.454	0.958	0.938	0.04	0.65
53	5	4	C.P.	59.90	3,227.40	3,287.30	4.856	0.110	0.113	0.113	1.500	5.192	0.150	2.20	0.30	0.68	12.05	0.431	0.458	0.962	0.944	0.04	0.66
54	4	3	C.P.	62.27	3,287.30	3,349.57	4.948	0.112	0.115	0.115	1.500	5.291	0.150	12.22	9.77	3.89	68.76	0.077	0.187	0.591	0.454	0.02	2.30
55	3	2	C.P.	31.51	3,441.14	3,472.66	5.130	0.116	0.120	0.120	1.500	5.485	0.150	14.73	12.92	4.47	79.06	0.069	0.178	0.574	0.434	0.02	2.57
56	2	1	C.P.	73.74	3,472.66	3,546.40	5.239	0.118	0.122	0.122	1.500	5.602	0.150	13.39	12.59	4.42	78.07	0.072	0.181	0.579	0.441	0.02	2.56
57	1	SST1	C.P.	22.06	3,546.40	3,568.46	5.271	0.119	0.123	0.123	1.500	5.636	0.150	12.03	11.63	4.24	75.01	0.075	0.185	0.587	0.450	0.02	2.49
Ramal No. 20																							
58	I3.3	I3.2	S.C.	36.37	0.00	36.37	0.054	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-1.96	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
59	I3.2	I3.1	S.C.	27.49	36.37	63.87	0.094	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	0.37	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
60	I3.1	I3	S.C.	45.50	63.87	109.37	0.162	0.004	0.004	0.004	1.500	1.500	0.150	0.38	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 21																							
61	11	I5	C.P.	42.04	0.00	42.04	0.062	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	2.35	2.35	1.91	33.76	0.044	0.143	0.502	0.355	0.01	0.96
61	I5	I4	C.P.	51.76	42.04	93.81	0.139	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	2.44	2.38	1.92	33.92	0.044	0.143	0.502	0.355	0.01	0.96
63	I4	I3	C.P.	59.90	93.81	153.70	0.227	0.005	0.005	0.005	1.500	1.500	0.150	1.27	1.22	1.38	24.30	0.062	0.168	0.554	0.412	0.02	0.76
64	I3	I2	C.P.	64.52	263.07	327.59	0.484	0.011	0.011	0.011	1.500	1.500	0.150	1.26	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
65	I2	I1	C.P.	55.16	327.59	382.75	0.565	0.013	0.013	0.013	1.500	1.500	0.150	13.34	12.04	4.32	76.34	0.020	0.097	0.393	0.247	0.01	1.70
66	I1	SST2	C.P.	65.27	382.75	448.02	0.662	0.015	0.015	0.015	1.500	1.500	0.150	10.60	10.54	4.04	71.43	0.021	0.100	0.401	0.254	0.01	1.62

DISEÑO DE RED 1 - ALTERNATIVAS 1 Y 3 (Cont.)																	
No. Tramo	Tensión Arrastre (Pa)	Elevac. Terreno (m)		Elevac. Corona (m)		Elevación Invert. (m)		Prof. de Excav. (m)		Cobertura (m)		Pérdida (m)		DI (m)	Excavación (m3)	Relleno (m3)	Desperdicio (m3)
		A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	Calc.	Diseño				
Ramal No. 1																	
1	1.01	668.678	669.579	667.478	667.315	667.328	667.165	1.350	2.414	1.200	2.264	0.01	0.03	29.09	35.467	32.335	3.132
Ramal No. 2																	
2	2.81	671.065	669.579	669.865	668.379	669.715	668.229	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	71.00	63.884	56.239	7.644
3	1.01	669.579	668.467	667.285	667.104	667.135	666.954	2.444	1.513	2.294	1.363	0.01	0.03	32.28	41.221	37.745	3.476
Ramal No. 3																	
4	1.97	672.530	671.890	671.330	670.690	671.180	670.540	1.350	1.350	1.200	1.200	0.01	0.03	48.45	43.601	38.385	5.217
Ramal No. 4																	
5	3.16	671.009	669.542	669.809	668.342	669.659	668.192	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	60.30	54.251	47.759	6.492
Ramal No. 5																	
6	1.01	666.500	667.522	665.300	665.062	665.150	664.912	1.350	2.610	1.200	2.460	0.01	0.03	42.55	54.388	49.806	4.582
Ramal No. 6																	
7	3.84	669.974	667.292	668.774	666.092	668.624	665.942	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	85.96	77.324	68.068	9.255
Ramal No. 7																	
8	1.01	666.153	667.183	664.953	664.751	664.803	664.601	1.350	2.582	1.200	2.432	0.01	0.03	36.07	45.800	41.916	3.884
Ramal No. 8																	
9	1.01	666.808	667.522	665.608	665.420	665.458	665.270	1.350	2.252	1.200	2.102	0.01	0.03	33.49	39.200	35.594	3.606
Ramal No. 9																	
10	1.85	668.500	667.522	667.300	666.322	667.150	666.172	1.350	1.350	1.200	1.200	0.01	0.03	80.01	72.000	63.386	8.614
Ramal No. 10																	
11	1.01	667.537	668.014	666.337	666.160	666.187	666.010	1.350	2.004	1.200	1.854	0.01	0.03	31.63	34.677	31.271	3.406
Ramal No. 11																	
12	2.57	669.435	668.014	668.235	666.814	668.085	666.664	1.350	1.350	1.200	1.200	0.01	0.03	76.17	68.542	60.341	8.201
Ramal No. 12																	
13	2.75	672.445	670.856	671.245	669.656	671.095	669.506	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	77.88	70.079	61.693	8.386
Ramal No. 13																	
14	2.81	660.207	658.215	659.007	657.015	658.857	656.865	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	95.02	85.500	75.269	10.231
Ramal No. 14																	
15	4.81	663.241	659.532	662.041	658.332	661.891	658.182	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	88.32	79.421	69.911	9.510
16	3.38	659.532	657.115	658.302	655.915	658.152	655.765	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	90.03	81.810	72.116	9.694
Ramal No. 15																	
17	1.01	672.792	672.747	671.592	671.060	671.442	670.910	1.350	1.837	1.200	1.687	0.01	0.03	95.00	99.380	89.151	10.229
18	4.81	672.747	669.304	671.030	668.104	670.880	667.954	1.867	1.350	1.717	1.200	0.02	0.03	69.67	73.442	65.941	7.501
19	6.70	669.304	668.000	668.074	666.800	667.924	666.650	1.380	1.350	1.230	1.200	0.03	0.03	20.00	18.143	15.989	2.153
20	3.85	668.000	665.959	666.770	664.759	666.620	664.609	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	63.85	58.007	51.133	6.874
21	4.47	665.959	663.655	664.729	662.455	664.579	662.305	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	60.04	54.538	48.073	6.465
22	5.73	663.655	658.442	662.425	657.242	662.275	657.092	1.380	1.350	1.230	1.200	0.03	0.03	98.95	89.823	79.169	10.654
23	3.45	658.442	655.787	657.212	654.587	657.062	654.437	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	96.38	87.576	77.199	10.377
24	1.01	655.787	657.115	654.557	654.052	654.407	653.902	1.380	3.213	1.230	3.063	0.01	0.03	90.22	132.445	122.730	9.715

DISEÑO DE RED 1 - ALTERNATIVAS 1 Y 3 (Cont.)																	
No.	Tensión	Elevac. Terreno (m)		Elevac. Corona (m)		Elevación Invert. (m)		Prof. de Excav. (m)		Cobertura (m)		Pérdida (m)		DI	Excavación	Relleno	Desperdicio
Tramo	Arrastre (Pa)	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	Calc.	Diseño	(m)	(m3)	(m3)	(m3)
Ramal No. 16																	
25	4.38	673.890	671.890	672.690	670.690	672.540	670.540	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	53.87	48.452	42.652	5.801
26	5.23	671.890	669.542	670.660	668.342	670.510	668.192	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	50.03	45.426	40.040	5.387
27	2.99	669.542	668.467	668.312	667.267	668.162	667.117	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	46.08	41.879	36.917	4.962
28	5.39	668.467	667.522	667.074	666.322	666.924	666.172	1.543	1.350	1.393	1.200	0.02	0.03	15.53	14.857	13.185	1.672
29	1.01	667.522	667.292	665.032	664.961	664.882	664.811	2.640	2.481	2.490	2.331	0.01	0.03	12.57	20.449	19.095	1.354
30	1.01	667.292	667.183	664.931	664.892	664.781	664.742	2.511	2.441	2.361	2.291	0.01	0.03	6.95	10.952	10.204	0.749
31	1.01	667.183	667.522	664.721	664.405	664.571	664.255	2.612	3.267	2.462	3.117	0.01	0.03	56.44	104.615	98.538	6.077
32	1.01	667.522	668.014	664.375	664.178	664.225	664.028	3.297	3.986	3.147	3.836	0.01	0.03	35.22	80.116	76.324	3.792
33	1.01	668.014	669.489	664.148	663.873	663.998	663.723	4.016	5.766	3.866	5.616	0.01	0.03	49.08	148.465	143.180	5.285
Ramal No. 17																	
34	9.44	687.482	682.428	686.282	681.228	686.132	681.078	1.350	1.350	1.200	1.200	0.04	0.04	50.78	45.473	40.005	5.467
35	8.45	682.428	676.459	681.188	675.259	681.038	675.109	1.390	1.350	1.240	1.200	0.03	0.04	68.34	62.093	54.734	7.358
36	3.77	676.459	674.949	675.219	673.749	675.069	673.599	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	48.04	43.788	38.616	5.172
37	5.51	674.949	670.856	673.709	669.656	673.559	669.506	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	81.84	74.550	65.737	8.812
38	3.11	670.856	668.560	669.616	667.360	669.466	667.210	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	95.03	86.640	76.408	10.232
39	3.11	668.560	666.495	667.320	665.295	667.170	665.145	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	85.19	77.674	68.501	9.173
40	3.16	666.495	664.264	665.255	663.064	665.105	662.914	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	90.03	82.080	72.387	9.693
41	3.98	664.264	661.927	663.024	660.727	662.874	660.577	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	70.04	63.840	56.299	7.541
42	3.61	661.927	659.573	660.687	658.373	660.537	658.223	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	80.03	72.960	64.343	8.617
43	2.14	659.573	658.215	658.333	657.015	658.183	656.865	1.390	1.350	1.240	1.200	0.01	0.04	89.89	81.970	72.291	9.678
44	7.65	658.215	657.115	656.975	655.915	656.825	655.765	1.390	1.350	1.240	1.200	0.03	0.04	13.97	12.704	11.200	1.504
45	1.03	657.115	658.408	654.012	653.637	653.862	653.487	3.253	4.921	3.103	4.771	0.01	0.04	93.66	238.098	228.014	10.084
Ramal No. 18																	
46	6.19	653.639	648.327	652.439	647.127	652.289	646.977	1.350	1.350	1.200	1.200	0.03	0.03	91.73	82.419	72.542	9.877
Ramal No. 19																	
47	1.01	669.525	669.489	668.325	668.046	668.175	667.896	1.350	1.593	1.200	1.443	0.01	0.03	49.79	48.441	43.080	5.361
48	1.08	669.489	667.212	663.843	663.300	663.693	663.150	5.796	4.062	5.646	3.912	0.01	0.03	96.93	295.377	284.940	10.436
49	1.25	667.212	663.857	663.270	662.657	663.120	662.507	4.092	1.350	3.942	1.200	0.01	0.03	95.00	163.645	153.416	10.229
50	3.90	663.857	661.421	662.627	660.221	662.477	660.071	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	90.03	81.810	72.116	9.694
51	4.75	661.421	658.408	660.191	657.208	660.041	657.058	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	90.05	81.810	72.114	9.696
52	1.04	658.408	657.251	653.597	653.470	653.447	653.320	4.961	3.931	4.811	3.781	0.01	0.04	42.26	116.519	111.969	4.550
53	1.04	657.251	655.934	653.430	653.251	653.280	653.101	3.971	2.833	3.821	2.683	0.01	0.04	59.90	127.654	121.205	6.449
54	16.32	655.934	648.327	653.211	647.127	653.061	646.977	2.873	1.350	2.723	1.200	0.07	0.07	62.56	84.494	77.758	6.736
55	20.64	648.327	643.686	646.557	642.486	646.407	642.336	1.920	1.350	1.770	1.200	0.09	0.09	31.78	33.751	30.330	3.421
56	20.43	643.686	633.809	641.896	632.609	641.746	632.459	1.940	1.350	1.790	1.200	0.09	0.09	74.32	79.419	71.417	8.003
57	19.24	633.809	631.154	632.519	629.954	632.369	629.804	1.440	1.350	1.290	1.200	0.08	0.09	22.21	20.451	18.060	2.391
Ramal No. 20																	
58	1.01	666.077	666.791	664.877	664.673	664.727	664.523	1.350	2.268	1.200	2.118	0.01	0.03	36.37	42.751	38.834	3.917
59	1.01	666.791	666.688	664.643	664.489	664.493	664.339	2.298	2.349	2.148	2.199	0.01	0.03	27.49	40.794	37.834	2.960
60	1.01	666.688	666.513	664.459	664.205	664.309	664.055	2.379	2.458	2.229	2.308	0.01	0.03	45.50	70.128	65.228	4.900
Ramal No. 21																	
61	3.08	669.525	668.535	668.325	667.335	668.175	667.185	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	42.05	37.839	33.311	4.528
61	3.11	668.535	667.274	667.305	666.074	667.155	665.924	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	51.78	47.053	41.478	5.575
63	1.85	667.274	666.513	666.044	665.313	665.894	665.163	1.380	1.350	1.230	1.200	0.01	0.03	59.90	54.446	47.997	6.450
64	1.01	666.513	665.700	664.175	663.813	664.025	663.663	2.488	2.037	2.338	1.887	0.01	0.03	64.52	93.390	86.443	6.947
65	10.94	665.700	658.340	663.783	657.140	663.633	656.990	2.067	1.350	1.917	1.200	0.04	0.04	55.56	61.506	55.524	5.982
66	9.85	658.340	651.419	657.100	650.219	656.950	650.069	1.390	1.350	1.240	1.200	0.04	0.04	65.63	59.526	52.460	7.067

B.2.2 Diseño de Red 2. Alternativas 2 y 4

Tabla 33 / Resultados de diseño de Red 2. Alternativas 2 y 4

DISEÑO DE RED 2 - ALTERNATIVAS 2 Y 4																							
No. Tramo	PVS		Tipo Tramo	Longitud (m)			Qmáx (l/s)	Qinf (l/s)	Qcom (l/s)	Qpúb. (l/s)	Qmin (l/s)	Qd (l/s)	Ø (m)	Pendiente (%)		Sección Llena		Relac. Hidráulicas (Parc. Lleno)				Rhd (m)	Vd (m/s)
	A. ARR.	A. ABA.		Local	Aport.	Acum.								Terreno	Tubo	VLL (m/s)	QLL (l/s)	Qd/QLL	h/D	Vd/VLL	Rhd/RhLL		
Ramal No. 1																							
1	10.6.1.1	10.6.1	S.C.	29.09	0.00	29.09	0.045	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-3.10	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 2																							
2	10.6.2	10.6.1	S.C.	70.98	0.00	70.98	0.110	0.002	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	2.09	2.09	1.80	31.83	0.047	0.147	0.510	0.365	0.01	0.92
3	10.6.1	10.6	S.C.	32.28	100.07	132.35	0.205	0.004	0.005	0.005	1.500	1.500	0.150	3.44	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 3																							
4	10.8.1	10.8	S.C	48.45	0.00	48.45	0.075	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	1.32	1.32	1.43	25.28	0.059	0.165	0.548	0.405	0.02	0.78
Ramal No. 4																							
5	10.7.1	10.7	S.C.	60.28	0.00	60.28	0.093	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	2.43	2.43	1.94	34.32	0.044	0.142	0.500	0.353	0.01	0.97
Ramal No. 5																							
6	10.5.1	10.5	S.C.	42.55	0.00	42.55	0.066	0.001	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	-2.40	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 6																							
7	10.4.1	10.4	S.C.	85.92	0.00	85.92	0.133	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	3.12	3.12	2.20	38.87	0.039	0.134	0.482	0.335	0.01	1.06
Ramal No. 7																							
8	10.3.1	10.3	S.C.	36.07	0.00	36.07	0.056	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-2.86	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 8																							
9	10.2.1	10.2	S.C.	33.49	0.00	33.49	0.052	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-2.13	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 9																							
10	10.2.A	10.2	S.C.	80.00	0.00	80.00	0.124	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	1.22	1.22	1.38	24.32	0.062	0.168	0.554	0.412	0.02	0.76
Ramal No. 10																							
11	10.1.1	10.1	S.C.	31.63	0.00	31.63	0.049	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-1.51	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 11																							
12	10.1.A	10.1	S.C.	76.16	0.00	76.16	0.118	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	1.87	1.87	1.70	30.05	0.050	0.151	0.519	0.374	0.01	0.88
Ramal No. 12																							
13	6.8.1	6.8	S.C.	77.87	0.00	77.87	0.121	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	2.04	2.04	1.78	31.42	0.048	0.148	0.513	0.367	0.01	0.91
Ramal No. 13																							
14	6.2.1	6.2	S.C.	95.00	0.00	95.00	0.147	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	2.10	2.10	1.80	31.85	0.047	0.147	0.510	0.365	0.01	0.92
Ramal No. 14																							
15	6.1.B	6.1.A	S.C.	88.25	0.00	88.25	0.137	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	4.20	4.20	2.55	45.10	0.033	0.124	0.459	0.311	0.01	1.17
16	6.1.A	6.1	S.C.	90.00	88.25	178.25	0.276	0.006	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	2.69	2.65	2.03	35.83	0.042	0.139	0.493	0.346	0.01	1.00
Ramal No. 15																							
17	6.1.8	6.1.7	S.C.	95.00	0.00	95.00	0.147	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	0.05	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
18	6.1.7	6.1.6	S.C.	69.61	95.00	164.61	0.255	0.005	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	4.95	4.20	2.55	45.10	0.033	0.124	0.459	0.311	0.01	1.17
19	6.1.6	6.1.5	S.C.	19.96	164.61	184.57	0.286	0.006	0.007	0.007	1.500	1.500	0.150	6.53	6.38	3.15	55.58	0.027	0.113	0.433	0.285	0.01	1.36
20	6.1.5	6.1.4	S.C.	63.81	184.57	248.38	0.385	0.008	0.009	0.009	1.500	1.500	0.150	3.20	3.15	2.21	39.05	0.038	0.133	0.480	0.332	0.01	1.06
21	6.1.4	6.1.3	S.C.	60.00	248.38	308.38	0.478	0.010	0.011	0.011	1.500	1.500	0.150	3.84	3.79	2.42	42.83	0.035	0.128	0.468	0.321	0.01	1.14
22	6.1.3	6.1.2	S.C.	98.82	308.38	407.19	0.631	0.014	0.015	0.015	1.500	1.500	0.150	5.28	5.25	2.85	50.38	0.030	0.118	0.445	0.297	0.01	1.27
23	6.1.2	6.1.1	S.C.	96.34	407.19	503.54	0.780	0.017	0.018	0.018	1.500	1.500	0.150	2.76	2.72	2.05	36.31	0.041	0.138	0.491	0.344	0.01	1.01
24	6.1.1	6.1	S.C.	90.22	503.54	593.76	0.919	0.020	0.021	0.021	1.500	1.500	0.150	-1.47	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58

DISEÑO DE RED 2 - ALTERNATIVAS 2 Y 4

No. Tramo	PVS		Tipo Tramo	Longitud (m)			Qmáx (l/s)	Qinf (l/s)	Qcom (l/s)	Qpúb. (l/s)	Qmin (l/s)	Qd (l/s)	Ø (m)	Pendiente (%)		Sección Llena		Relac. Hidráulicas (Parc. Lleno)				Rhd (m)	Vd (m/s)
	A. ARR.	A. ABA.		Local	Aport.	Acum.								Terreno	Tubo	V _{LL} (m/s)	Q _{LL} (l/s)	Qd/Q _{LL}	h/D	Vd/V _{LL}	Rhd/Rh _{LL}		
Ramal No. 16																							
25	11.6	11.5	S.C.	36.37	0.00	36.37	0.056	0.001	0.001	0.001	1.500	1.500	0.150	-1.96	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
26	11.5	11.4	S.C.	27.49	36.37	63.87	0.099	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	0.37	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
27	11.4	11.3	S.C.	45.50	63.87	109.37	0.169	0.004	0.004	0.004	1.500	1.500	0.150	0.38	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
28	11.3	11.2	S.C.	59.90	109.37	169.27	0.262	0.006	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	-1.27	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
29	11.2	11.1	S.C.	51.76	169.27	221.03	0.342	0.007	0.008	0.008	1.500	1.500	0.150	-2.44	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
30	11.1	11	S.C.	42.04	221.03	263.07	0.407	0.009	0.010	0.010	1.500	1.500	0.150	-2.35	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
Ramal No. 17																							
31	10.9	10.8	S.C.	53.84	0.00	53.84	0.083	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	3.71	3.71	2.40	42.40	0.035	0.128	0.468	0.321	0.01	1.12
32	10.8	10.7	S.C.	49.97	102.28	152.26	0.236	0.005	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	4.70	4.64	2.68	47.38	0.032	0.122	0.455	0.307	0.01	1.22
33	10.7	10.6	S.C.	46.07	212.54	258.61	0.400	0.009	0.009	0.009	1.500	1.500	0.150	2.33	2.27	1.87	33.13	0.045	0.144	0.504	0.358	0.01	0.94
34	10.6	10.5	S.C.	15.51	390.96	406.47	0.629	0.014	0.015	0.015	1.500	1.500	0.150	6.09	4.85	2.74	48.45	0.031	0.120	0.450	0.302	0.01	1.23
35	10.5	10.4	S.C.	12.57	449.03	461.60	0.715	0.015	0.017	0.017	1.500	1.500	0.150	1.83	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
36	10.4	10.3	S.C.	6.95	547.51	554.47	0.859	0.018	0.020	0.020	1.500	1.500	0.150	1.57	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
37	10.3	10.2	S.C.	56.44	590.54	646.98	1.002	0.022	0.023	0.023	1.500	1.500	0.150	-0.60	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
38	10.2	10.1	S.C.	35.22	760.47	795.68	1.232	0.027	0.029	0.029	1.500	1.500	0.150	-1.40	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
39	10.1	10	S.C.	49.08	903.47	952.56	1.475	0.032	0.034	0.034	1.500	1.576	0.150	-3.01	0.56	0.93	16.46	0.096	0.208	0.630	0.499	0.02	0.59
Ramal No. 18																							
40	6.12	6.11	S.C.	50.53	0.00	50.53	0.078	0.002	0.002	0.002	1.500	1.500	0.150	10.00	10.00	3.94	69.57	0.022	0.101	0.404	0.256	0.01	1.59
41	6.11	6.10	S.C.	68.08	50.53	118.61	0.184	0.004	0.004	0.004	1.500	1.500	0.150	8.77	8.71	3.67	64.92	0.023	0.104	0.411	0.264	0.01	1.51
42	6.10	6.9	S.C.	48.01	118.61	166.62	0.258	0.006	0.006	0.006	1.500	1.500	0.150	3.14	3.06	2.18	38.49	0.039	0.134	0.482	0.335	0.01	1.05
43	6.9	6.8	S.C.	81.74	166.62	248.37	0.385	0.008	0.009	0.009	1.500	1.500	0.150	5.01	4.96	2.77	48.98	0.031	0.120	0.450	0.302	0.01	1.25
44	6.8	6.7	S.C.	95.00	326.23	421.23	0.652	0.014	0.015	0.015	1.500	1.500	0.150	2.42	2.37	1.92	33.90	0.044	0.143	0.502	0.355	0.01	0.96
45	6.7	6.6	S.C.	85.17	421.23	506.40	0.784	0.017	0.018	0.018	1.500	1.500	0.150	2.42	2.38	1.92	33.92	0.044	0.143	0.502	0.355	0.01	0.96
46	6.6	6.5	S.C.	90.00	506.40	596.40	0.924	0.020	0.022	0.022	1.500	1.500	0.150	2.48	2.43	1.94	34.32	0.044	0.142	0.500	0.353	0.01	0.97
47	6.5	6.4	S.C.	70.00	596.40	666.40	1.032	0.022	0.024	0.024	1.500	1.500	0.150	3.34	3.28	2.25	39.85	0.038	0.132	0.478	0.330	0.01	1.08
48	6.4	6.3	S.C.	80.00	666.40	746.40	1.156	0.025	0.027	0.027	1.500	1.500	0.150	2.94	2.89	2.12	37.41	0.040	0.136	0.486	0.339	0.01	1.03
49	6.3	6.2	S.C.	89.88	746.40	836.28	1.295	0.028	0.030	0.030	1.500	1.500	0.150	1.51	1.47	1.51	26.64	0.056	0.161	0.540	0.396	0.01	0.81
50	6.2	6.1	S.C.	13.93	931.28	945.21	1.464	0.032	0.034	0.034	1.500	1.564	0.150	7.90	7.61	3.43	60.68	0.026	0.110	0.426	0.278	0.01	1.46
51	6.1	6	S.C.	93.66	1,717.21	1,810.87	2.804	0.060	0.065	0.065	1.500	2.995	0.150	-1.38	0.40	0.79	13.91	0.215	0.315	0.797	0.712	0.03	0.63
Ramal No. 19																							
52	3.1	3	S.C.	91.58	0.00	91.58	0.142	0.003	0.003	0.003	1.500	1.500	0.150	5.80	5.80	3.00	52.98	0.028	0.115	0.438	0.290	0.01	1.31
Ramal No. 20																							
53	11	10	C.P.	49.79	263.07	312.87	0.484	0.010	0.011	0.011	1.500	1.500	0.150	0.07	0.56	0.93	16.46	0.091	0.203	0.621	0.489	0.02	0.58
54	10	9	C.P.	96.93	1,265.42	1,362.35	2.110	0.045	0.049	0.049	1.500	2.254	0.150	2.35	0.45	0.84	14.76	0.153	0.264	0.723	0.614	0.02	0.60
55	9	8	C.P.	95.00	1,362.35	1,457.35	2.257	0.049	0.053	0.053	1.500	2.411	0.150	3.53	0.45	0.84	14.76	0.163	0.273	0.737	0.632	0.02	0.62
56	8	7	C.P.	90.00	1,457.35	1,547.35	2.396	0.052	0.056	0.056	1.500	2.560	0.150	2.71	1.97	1.75	30.85	0.083	0.194	0.604	0.469	0.02	1.05
57	7	6	C.P.	90.00	1,547.35	1,637.35	2.536	0.055	0.059	0.059	1.500	2.708	0.150	3.35	3.31	2.27	40.05	0.068	0.176	0.570	0.430	0.02	1.29
58	6	5	C.P.	42.26	3,448.22	3,490.48	5.405	0.116	0.126	0.126	1.500	5.774	0.150	2.74	0.30	0.68	12.05	0.479	0.487	0.989	0.983	0.04	0.67
59	5	4	C.P.	59.90	3,490.48	3,550.37	5.498	0.118	0.128	0.128	1.500	5.873	0.150	2.20	0.30	0.68	12.05	0.487	0.492	0.993	0.990	0.04	0.68
60	4	3	C.P.	62.27	3,550.37	3,612.64	5.594	0.120	0.131	0.131	1.500	5.976	0.150	12.22	9.77	3.89	68.76	0.087	0.199	0.613	0.480	0.02	2.39
61	3	2	C.P.	31.51	3,704.22	3,735.73	5.785	0.125	0.135	0.135	1.500	6.179	0.150	14.73	11.93	4.30	75.99	0.081	0.192	0.600	0.465	0.02	2.58
62	2	1	C.P.	73.74	3,735.73	3,809.47	5.899	0.127	0.138	0.138	1.500	6.301	0.150	13.39	12.05	4.32	76.37	0.083	0.194	0.604	0.469	0.02	2.61
63	1	SST1	C.P.	22.06	3,809.47	3,831.53	5.933	0.128	0.138	0.138	1.500	6.338	0.150	12.03	11.63	4.24	75.01	0.084	0.196	0.608	0.474	0.02	2.58

DISEÑO DE RED 2 - ALTERNATIVAS 2 Y 4																	
No. Tramo	Tensión Arrastre (Pa)	Elevac. Terreno (m)		Elevac. Corona (m)		Elevación Invert. (m)		Prof. de Excav. (m)		Cobertura (m)		Pérdida (m)		DI (m)	Excavación (m3)	Relleno (m3)	Desperdicio (m3)
		A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	Calc.	Diseño				
Ramal No. 1																	
1	1.01	668.678	669.579	667.478	667.315	667.328	667.165	1.350	2.414	1.200	2.264	0.01	0.03	29.09	35.467	32.335	3.132
Ramal No. 2																	
2	2.81	671.065	669.579	669.865	668.379	669.715	668.229	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	71.00	63.884	56.239	7.644
3	1.01	669.579	668.467	667.285	667.104	667.135	666.954	2.444	1.513	2.294	1.363	0.01	0.03	32.28	41.221	37.745	3.476
Ramal No. 3																	
4	1.97	672.530	671.890	671.330	670.690	671.180	670.540	1.350	1.350	1.200	1.200	0.01	0.03	48.45	43.601	38.385	5.217
Ramal No. 4																	
5	3.16	671.009	669.542	669.809	668.342	669.659	668.192	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	60.30	54.251	47.759	6.492
Ramal No. 5																	
6	1.01	666.500	667.522	665.300	665.062	665.150	664.912	1.350	2.610	1.200	2.460	0.01	0.03	42.55	54.388	49.806	4.582
Ramal No. 6																	
7	3.84	669.974	667.292	668.774	666.092	668.624	665.942	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	85.96	77.324	68.068	9.255
Ramal No. 7																	
8	1.01	666.153	667.183	664.953	664.751	664.803	664.601	1.350	2.582	1.200	2.432	0.01	0.03	36.07	45.800	41.916	3.884
Ramal No. 8																	
9	1.01	666.808	667.522	665.608	665.420	665.458	665.270	1.350	2.252	1.200	2.102	0.01	0.03	33.49	39.200	35.594	3.606
Ramal No. 9																	
10	1.85	668.500	667.522	667.300	666.322	667.150	666.172	1.350	1.350	1.200	1.200	0.01	0.03	80.01	72.000	63.386	8.614
Ramal No. 10																	
11	1.01	667.537	668.014	666.337	666.160	666.187	666.010	1.350	2.004	1.200	1.854	0.01	0.03	31.63	34.677	31.271	3.406
Ramal No. 11																	
12	2.57	669.435	668.014	668.235	666.814	668.085	666.664	1.350	1.350	1.200	1.200	0.01	0.03	76.17	68.542	60.341	8.201
Ramal No. 12																	
13	2.75	672.445	670.856	671.245	669.656	671.095	669.506	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	77.88	70.079	61.693	8.386
Ramal No. 13																	
14	2.81	660.207	658.215	659.007	657.015	658.857	656.865	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	95.02	85.500	75.269	10.231
Ramal No. 14																	
15	4.81	663.241	659.532	662.041	658.332	661.891	658.182	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	88.32	79.421	69.911	9.510
16	3.38	659.532	657.115	658.302	655.915	658.152	655.765	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	90.03	81.810	72.116	9.694
Ramal No. 15																	
17	1.01	672.792	672.747	671.592	671.060	671.442	670.910	1.350	1.837	1.200	1.687	0.01	0.03	95.00	99.380	89.151	10.229
18	4.81	672.747	669.304	671.030	668.104	670.880	667.954	1.867	1.350	1.717	1.200	0.02	0.03	69.67	73.442	65.941	7.501
19	6.70	669.304	668.000	668.074	666.800	667.924	666.650	1.380	1.350	1.230	1.200	0.03	0.03	20.00	18.143	15.989	2.153
20	3.85	668.000	665.959	666.770	664.759	666.620	664.609	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	63.85	58.007	51.133	6.874
21	4.47	665.959	663.655	664.729	662.455	664.579	662.305	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	60.04	54.538	48.073	6.465
22	5.73	663.655	658.442	662.425	657.242	662.275	657.092	1.380	1.350	1.230	1.200	0.03	0.03	98.95	89.823	79.169	10.654
23	3.45	658.442	655.787	657.212	654.587	657.062	654.437	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	96.38	87.576	77.199	10.377
24	1.01	655.787	657.115	654.557	654.052	654.407	653.902	1.380	3.213	1.230	3.063	0.01	0.03	90.22	132.445	122.730	9.715

DISEÑO DE RED 2 - ALTERNATIVAS 2 Y 4																	
No.	Tensión	Elevac. Terreno (m)		Elevac. Corona (m)		Elevación Invert. (m)		Prof. de Excav. (m)		Cobertura (m)		Pérdida (m)		DI	Excavación	Relleno	Desperdicio
Tramo	Arrastre (Pa)	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	A. ARR.	A. ABA.	Calc.	Diseño	(m)	(m3)	(m3)	(m3)
Ramal No. 16																	
25	1.01	666.077	666.791	664.877	664.673	664.727	664.523	1.350	2.268	1.200	2.118	0.01	0.03	36.37	42.751	38.834	3.917
26	1.01	666.791	666.688	664.643	664.489	664.493	664.339	2.298	2.349	2.148	2.199	0.01	0.03	27.49	40.794	37.834	2.960
27	1.01	666.688	666.513	664.459	664.205	664.309	664.055	2.379	2.458	2.229	2.308	0.01	0.03	45.50	70.128	65.228	4.900
28	1.01	666.513	667.274	664.175	663.839	664.025	663.689	2.488	3.585	2.338	3.435	0.01	0.03	59.90	114.523	108.074	6.449
29	1.01	667.274	668.535	663.809	663.519	663.659	663.369	3.615	5.166	3.465	5.016	0.01	0.03	51.76	141.015	135.442	5.574
30	1.01	668.535	669.525	663.489	663.254	663.339	663.104	5.196	6.421	5.046	6.271	0.01	0.03	42.04	150.308	145.781	4.527
Ramal No. 17																	
31	4.38	673.890	671.890	672.690	670.690	672.540	670.540	1.350	1.350	1.200	1.200	0.02	0.03	53.87	48.452	42.652	5.801
32	5.23	671.890	669.542	670.660	668.342	670.510	668.192	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	50.03	45.426	40.040	5.387
33	2.99	669.542	668.467	668.312	667.267	668.162	667.117	1.380	1.350	1.230	1.200	0.02	0.03	46.08	41.879	36.917	4.962
34	5.39	668.467	667.522	667.074	666.322	666.924	666.172	1.543	1.350	1.393	1.200	0.02	0.03	15.53	14.857	13.185	1.672
35	1.01	667.522	667.292	665.032	664.961	664.882	664.811	2.640	2.481	2.490	2.331	0.01	0.03	12.57	20.449	19.095	1.354
36	1.01	667.292	667.183	664.931	664.892	664.781	664.742	2.511	2.441	2.361	2.291	0.01	0.03	6.95	10.952	10.204	0.749
37	1.01	667.183	667.522	664.721	664.405	664.571	664.255	2.612	3.267	2.462	3.117	0.01	0.03	56.44	104.615	98.538	6.077
38	1.01	667.522	668.014	664.375	664.178	664.225	664.028	3.297	3.986	3.147	3.836	0.01	0.03	35.22	80.116	76.324	3.792
39	1.03	668.014	669.489	664.148	663.873	663.998	663.723	4.016	5.766	3.866	5.616	0.01	0.03	49.08	148.465	143.180	5.285
Ramal No. 18																	
40	9.44	687.482	682.428	686.282	681.228	686.132	681.078	1.350	1.350	1.200	1.200	0.04	0.04	50.78	45.473	40.005	5.467
41	8.45	682.428	676.459	681.188	675.259	681.038	675.109	1.390	1.350	1.240	1.200	0.03	0.04	68.34	62.093	54.734	7.358
42	3.77	676.459	674.949	675.219	673.749	675.069	673.599	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	48.04	43.788	38.616	5.172
43	5.51	674.949	670.856	673.709	669.656	673.559	669.506	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	81.84	74.550	65.737	8.812
44	3.11	670.856	668.560	669.616	667.360	669.466	667.210	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	95.03	86.640	76.408	10.232
45	3.11	668.560	666.495	667.320	665.295	667.170	665.145	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	85.19	77.674	68.501	9.173
46	3.16	666.495	664.264	665.255	663.064	665.105	662.914	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	90.03	82.080	72.387	9.693
47	3.98	664.264	661.927	663.024	660.727	662.874	660.577	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	70.04	63.840	56.299	7.541
48	3.61	661.927	659.573	660.687	658.373	660.537	658.223	1.390	1.350	1.240	1.200	0.02	0.04	80.03	72.960	64.343	8.617
49	2.14	659.573	658.215	658.333	657.015	658.183	656.865	1.390	1.350	1.240	1.200	0.01	0.04	89.89	81.970	72.291	9.678
50	7.78	658.215	657.115	656.975	655.915	656.825	655.765	1.390	1.350	1.240	1.200	0.03	0.04	13.97	12.704	11.200	1.504
51	1.05	657.115	658.408	654.012	653.637	653.862	653.487	3.253	4.921	3.103	4.771	0.01	0.04	93.66	238.098	228.014	10.084
Ramal No. 19																	
52	6.19	653.639	648.327	652.439	647.127	652.289	646.977	1.350	1.350	1.200	1.200	0.03	0.03	91.73	82.419	72.542	9.877
Ramal No. 20																	
53	1.01	669.525	669.489	663.224	662.945	663.074	662.795	6.451	6.694	6.301	6.544	0.01	0.03	49.79	200.844	195.483	5.361
54	1.02	669.489	667.212	662.915	662.479	662.765	662.329	6.724	4.883	6.574	4.733	0.01	0.03	96.93	346.241	335.804	10.436
55	1.05	667.212	663.857	662.449	662.021	662.299	661.871	4.913	1.986	4.763	1.836	0.01	0.03	95.00	205.170	194.941	10.229
56	3.40	663.857	661.421	661.991	660.221	661.841	660.071	2.016	1.350	1.866	1.200	0.02	0.03	90.02	98.974	89.282	9.692
57	5.24	661.421	658.408	660.191	657.208	660.041	657.058	1.380	1.350	1.230	1.200	0.03	0.03	90.05	81.810	72.114	9.696
58	1.09	658.408	657.251	653.597	653.470	653.447	653.320	4.961	3.931	4.811	3.781	0.01	0.04	42.26	116.519	111.969	4.550
59	1.09	657.251	655.934	653.430	653.251	653.280	653.101	3.971	2.833	3.821	2.683	0.01	0.04	59.90	127.654	121.205	6.449
60	17.26	655.934	648.327	653.211	647.127	653.061	646.977	2.873	1.350	2.723	1.200	0.08	0.08	62.56	84.494	77.758	6.736
61	20.42	648.327	643.686	646.247	642.486	646.097	642.336	2.230	1.350	2.080	1.200	0.09	0.09	31.74	36.682	33.265	3.417
62	20.81	643.686	633.809	641.496	632.609	641.346	632.459	2.340	1.350	2.190	1.200	0.09	0.09	74.27	88.268	80.271	7.997
63	20.26	633.809	631.154	632.519	629.954	632.369	629.804	1.440	1.350	1.290	1.200	0.09	0.09	22.21	20.451	18.060	2.391

B.3 PROFUNDIDAD DE POZOS DE VISITA (PVS)

Tabla 34 / Profundidades de PVS

PVS - RED 1									PVS - RED 2								
No.	Nombre	Altura (m)	No.	Nombre	Altura (m)	No.	Nombre	Altura (m)	No.	Nombre	Altura (m)	No.	Nombre	Altura (m)	No.	Nombre	Altura (m)
1	1	633.809	23	6.5	664.264	45	10.4.1	669.974	1	1	633.809	23	6.5	664.264	45	10.4.1	669.974
2	2	643.686	24	6.6	666.495	46	10.5	667.522	2	2	643.686	24	6.6	666.495	46	10.5	667.522
3	3	648.327	25	6.7	668.560	47	10.5.1	666.500	3	3	648.327	25	6.7	668.560	47	10.5.1	666.500
4	3.1	653.639	26	6.8	670.856	48	10.6	668.467	4	3.1	653.639	26	6.8	670.856	48	10.6	668.467
5	4	655.934	27	6.8.1	672.445	49	10.6.1	669.579	5	4	655.934	27	6.8.1	672.445	49	10.6.1	669.579
6	5	657.251	28	6.9	674.949	50	10.6.1.1	668.678	6	5	657.251	28	6.9	674.949	50	10.6.1.1	668.678
7	6	658.408	29	6.10	676.459	51	10.6.2	671.065	7	6	658.408	29	6.10	676.459	51	10.6.2	671.065
8	6.1	657.115	30	6.11	682.428	52	10.7	669.542	8	6.1	657.115	30	6.11	682.428	52	10.7	669.542
9	6.1.1	655.787	31	6.12	687.482	53	10.7.1	671.009	9	6.1.1	655.787	31	6.12	687.482	53	10.7.1	671.009
10	6.1.2	658.442	32	7	661.421	54	10.8	671.890	10	6.1.2	658.442	32	7	661.421	54	10.8	671.890
11	6.1.3	663.655	33	8	663.857	55	10.8.1	672.530	11	6.1.3	663.655	33	8	663.857	55	10.8.1	672.530
12	6.1.4	665.959	34	9	667.212	56	10.9	673.890	12	6.1.4	665.959	34	9	667.212	56	10.9	673.890
13	6.1.5	668.000	35	10	669.489	57	11	669.525	13	6.1.5	668.000	35	10	669.489	57	11	669.525
14	6.1.6	669.304	36	10.1	668.014	58	1.1	658.340	14	6.1.6	669.304	36	10.1	668.014	58	11.1	668.535
15	6.1.7	672.747	37	10.1.1	667.537	59	1.2	665.700	15	6.1.7	672.747	37	10.1.1	667.537	59	11.2	667.274
16	6.1.8	672.792	38	10.1.A	669.435	60	1.3	666.513	16	6.1.8	672.792	38	10.1.A	669.435	60	11.3	666.513
17	6.1.A	659.532	39	10.2	667.522	61	1.3.1	666.688	17	6.1.A	659.532	39	10.2	667.522	61	11.4	666.688
18	6.1.B	663.241	40	10.2.1	666.808	62	1.3.2	666.791	18	6.1.B	663.241	40	10.2.1	666.808	62	11.5	666.791
19	6.2	658.215	41	10.2.A	668.500	63	1.3.3	666.077	19	6.2	658.215	41	10.2.A	668.500	63	11.6	666.077
20	6.2.1	660.207	42	10.3	667.183	64	1.4	667.274	20	6.2.1	660.207	42	10.3	667.183			
21	6.3	659.573	43	10.3.1	666.153	65	1.5	668.535	21	6.3	659.573	43	10.3.1	666.153			
22	6.4	661.927	44	10.4	667.292				22	6.4	661.927	44	10.4	667.292			

B.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

B.4.1 Diseño del tratamiento preliminar (Alternativas 1, 2, 3 y 4)

Tabla 35 / Diseño de rejillas

I. CRITERIOS DE DISEÑO								
Parámetro	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1		Alternativa 2	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
Qmáx = Qdis	5.636	1.500	6.338	5.636	1.500	6.338	l/s	
	0.0056	0.0015	0.0063	0.0056	0.0015	0.0063	m³/s	
Qmed	1.757	0.221	1.978	1.757	0.221	1.978	l/s	
	0.0018	0.0002	0.0020	0.0018	0.0002	0.0020	m³/s	
Pendiente longitudinal de canal (S)	0.010	0.035	0.010	0.010	0.035	0.010	m/m	Propuesta
Inclinación de rejilla (θ)	45	45	45	45	45	45	°	45° - 60° con la horizontal
Coefficiente de manning (n)	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013		
Factor de forma de barras (β)	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79		Barras circulares
Separación entre barras (a)	5	5	5	5	5	5	cm	2.5 - 5
Espesor de barras (t)	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	cm	0.5 - 1.5
Borde libre de canal (BL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	≥ 25 cm
Ancho de canal	0.25	0.12	0.25	0.25	0.12	0.25	m	Propuesto
II. DISEÑO DE REJILLAS								
Cálculo	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1		Alternativa 2	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
A. CANAL DE APROXIMACIÓN								
Altura máxima Hmáx	0.033	0.017	0.036	0.033	0.017	0.036	m	
Altura media Hmed	0.016	0.005	0.017	0.016	0.005	0.017	m	
⇒ Velocidades aguas arriba de las rejillas								
Velocidad máxima Vmáx	0.68	0.74	0.70	0.68	0.74	0.70	m/s	0.40 - 0.75
Velocidad media Vmed	0.44	0.41	0.47	0.44	0.41	0.47	m/s	0.40 - 0.75
Longitud de canal de entrada	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	m	Propuesta
B. REJILLA								
Área total mojada (At)	0.008	0.002	0.009	0.008	0.002	0.009	m²	
Eficiencia (E)	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84		0.60 y 0.85
Área útil (Au)	0.007	0.002	0.008	0.007	0.002	0.008	m²	
Velocidad de paso (Vp)	0.81	0.87	0.84	0.81	0.87	0.84	m/s	0.40 - 0.90
⇒ Verificación con velocidad media								
Área total con velocidad media (At')	0.004	0.001	0.004	0.004	0.001	0.004	m²	
Área útil con velocidad media (Au')	0.003	0.000	0.004	0.003	0.000	0.004	m²	
Velocidad media (Vm')	0.52	0.49	0.55	0.52	0.49	0.55	m/s	0.40 - 0.75 m/s
⇒ Cálculo de pérdidas								
Pérdida de carga en rejillas limpias (Hf)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	m	Pérdida Admisible < 0.15 m
Pérdida de carga con rejillas parcialmente obstruidas al 50% (Hfo)	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	m	Pérdida Admisible < 0.15 m
⇒ Altura de canal								
Altura calculada del canal (Hc)	0.29	0.27	0.29	0.29	0.27	0.29	m	
C. DIMENSIONES FINALES DE LA REJILLA								
Altura del canal (H)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	m	
Ancho del canal (ancho de rejilla) (B)	0.25	0.12	0.25	0.25	0.12	0.25	m	
Longitud del canal (Lc)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	m	
Longitud de las barras (Lb)	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	m	
Cantidad de barras	6	4	6	6	4	6	und	

Tabla 36
Diseño de desarenadores

I. CRITERIOS DE DISEÑO								
Parámetro	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1		Alternativa 2	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
No. de desarenadores	2	2	2	2	2	2	und	
Caudal de diseño (Qd)	0.0056	0.0015	0.0063	0.0056	0.0015	0.0063	m³/s	
Diámetro de partículas (Ø)	≥ 0.2	≥ 0.2	≥ 0.2	≥ 0.2	≥ 0.2	≥ 0.2	mm	≥ 0.2 mm. Flujo hz
Velocidad horizontal de flujo (Vh)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	m/s	0.24 - 0.40
Carga superficial (Cs)	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	m³/m²/día	700 - 1,600
Coefficiente de Manning (n) para concreto	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013		
Proyección vertical libre del canal (BL)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	Propuesto
Tiempo de retención de sedimentos en la tolva	15	15	15	15	15	15	días	Propuesto por mantenimiento
II. DISEÑO DE DESARENADOR								
Cálculo	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1		Alternativa 2	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
A. ZONA DE SEDIMENTACIÓN								
Área superficial (As)	0.37	0.10	0.42	0.37	0.10	0.42	m²	
Ancho del desarenador (B)	0.25	0.12	0.25	0.25	0.12	0.25	m	Propuesto
Longitud teórica del desarenador (L)	1.50	0.83	1.68	1.50	0.83	1.68	m	
Velocidad de sedimentación (Vs)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	m/s	≈ 2 cm/s
Altura del agua en zona de sedim. (Hagua)	0.08	0.04	0.08	0.08	0.04	0.08	m	
Longitud de transición (Lt)	0.56	0.27	0.56	0.56	0.27	0.56	m	
Incremento de longitud por turbulencia en la entrada y salida	0.90	1.17	0.83	0.90	1.17	0.83	m	
Longitud real del desarenador (Lr)	2.40	2.00	2.51	2.40	2.00	2.51	m	
Relación L/B	9.6	16.7	10.1	9.6	16.7	10.1		10 - 20. CEPIS
Radio hidráulico (Rh)	0.05	0.02	0.05	0.05	0.02	0.05	m	
Pendiente longitudinal del desarenador (S)	0.09	0.21	0.08	0.09	0.21	0.08	%	
Pérdidas en el desarenador (Hf)	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	m	
B. ZONA DE LODOS								
Cantidad de material retenido	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	lts/m³	Zona residencial. CEPIS
Volumen retenido de arena (Varena)	0.212	0.056	0.238	0.212	0.056	0.238	m³	
Volumen mínimo requerido de tolva (Vreq)	0.212	0.056	0.238	0.212	0.056	0.238	m³	
Ancho de tolva (Btolva = B de desarenador)	0.25	0.12	0.25	0.25	0.12	0.25	m	
Altura de tolva (Htolva)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	m	Propuesta
Long. de tolva (Ltolva = Long. de desarenador)	1.50	0.83	1.68	1.50	0.83	1.68	m	
Volumen propuesto de tolva (Vtolva)	0.281	0.075	0.316	0.281	0.075	0.316	m³	> Vreq
C. DIMENSIONES FINALES DEL DESARENADOR								
Ancho del desarenador (B)	0.25	0.12	0.25	0.25	0.12	0.25	m	
Altura calculada del desarenador (Hc)	1.08	1.04	1.09	1.08	1.04	1.09	m	
Altura propuesta del desarenador (H)	1.10	1.05	1.10	1.10	1.05	1.10	m	
Longitud real del desarenador (Lr)	2.40	2.00	2.51	2.40	2.00	2.51	m	

Tabla 37
Diseño de medidores de caudal

A. CANAL DE APROXIMACIÓN								
Parámetro	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1		Alternativa 2	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
Ancho del canal (B)	0.25	0.12	0.25	0.25	0.12	0.25	m	Propuesto
Caudal de diseño (Qd)	0.0056	0.0015	0.0063	0.0056	0.0015	0.0063	m³/s	
Caudal medio (Qmed)	0.0018	0.0002	0.0020	0.0018	0.0002	0.0020	m³/s	
Pendiente longitudinal (S)	0.010	0.035	0.010	0.010	0.035	0.010	m/m	Propuesta
Tirante máximo de agua en el canal (Hmáx)	0.033	0.017	0.036	0.033	0.017	0.036	m	
Tirante medio de agua en el canal (Hmed)	0.016	0.005	0.017	0.016	0.005	0.017	m	
Velocidad máxima en el canal (Vmáx)	0.68	0.74	0.70	0.68	0.74	0.70	m/s	0.40 - 0.75
Velocidad media en el canal (Vmed)	0.44	0.41	0.47	0.44	0.41	0.47	m/s	0.40 - 0.75
Longitud del canal de aproximación, aguas arriba del vertedero	2.5	1.2	2.5	2.5	1.2	2.5	m	Propuesta como 10 B
Longitud del canal de aproximación, aguas abajo del vertedero	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	m	Propuesta
Altura total calculada del canal (Hcc)	0.31	0.24	0.32	0.31	0.24	0.32	m	
Altura total propuesta del canal (Hc)	0.35	0.25	0.35	0.35	0.25	0.35	m	
B. DIMENSIONAMIENTO DEL VERTEDERO								
Cálculo	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1		Alternativa 2	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
Longitud del vertedero (Lv) (= Bcanal)	0.25	0.12	0.25	0.25	0.12	0.25	m	
Carga (H)	0.132	0.064	0.139	0.132	0.064	0.139	m	Para θ = 90°
Altura entre el fondo de canal y cresta (p)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	m	Propuesto (mínimo 0.10m)
Proyección vertical libre (BL)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	m	Propuesta

B.4.2 Diseño de alternativas de tratamiento 1 y 2

Tabla 38 / Diseño de tanques sépticos (Alternativas 1 y 2)

I. CRITERIOS DE DISEÑO					
Parámetro	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
No. de contribuyentes (N)	1,898	238	2,136	hab	Proyectados
Contribución de desechos (C)	80	80	80	lppd	
Contribución de lodos frescos (Lf)	1	1	1	lppd	
No. de unidades	2	1	2	und	
No. de cámaras de cada tanque	2	2	2	und	
Bordel libre (BL)	0.30	0.30	0.30	m	0.25 < BL < 0.30
II. DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO					
Cálculo	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
A. DIMENSIONAMIENTO					
Caudal medio (Qmed)	151,804.8	19,094.4	170,899.2	l/día	
Tiempo de retención (T)	0.5	0.5	0.5	días	GT INAA 11.3
Volumen útil total (Vutil)	345.44	43.32	388.75	m ³	
Volumen útil de cada tanque	172.72	43.32	194.38	m ³	
Volumen de 1era cámara	115.15	28.88	129.58	m ³	= 2/3 Vútil. GT INAA 11.3
Volumen de 2da cámara	57.57	14.44	64.79	m ³	= 1/3 Vútil. GT INAA 11.3
Profundidad útil (Hútil)	3.80	3.20	3.80	m	Asumida
Ancho del tanque (B)	3.60	2.50	3.80	m	Propuesto
Longitud total (Lt)	12.63	5.41	13.46	m	
Relación L/B	3.5	2.2	3.5		2 < L/B < 4. GT INAA 11.3
Longitud de la 1era cámara (L ₁)	8.42	3.61	8.97	m	= 2/3 Vútil. GT INAA 11.3
Longitud de la 2da cámara (L ₂)	4.21	1.80	4.49	m	= 1/3 Vútil. GT INAA 11.3
Profundidad total (H)	4.10	3.50	4.10	m	
B. PARED INTERNA					
Área de pared interna (Aint)	14.76	8.75	15.58	m ²	
Área total de orificios (Aorif)	0.738	0.438	0.779	m ²	5% de Aint
Área de cada orificio (Aorif)	0.075	0.075	0.075	m ²	
No. de orificios en la pared (#)	10	6	11	und	
C. REMOCIÓN					
Coliformes fecales en afluente	1.00E+07	1.00E+07	1.00E+07	NMP/100ml	
Remoción de coliformes fecales	40	40	40	%	10 - 90%. La Gaceta No.90
Coliformes fecales en efluente	6.00E+06	6.00E+06	6.00E+06	NMP/100ml	
DBO en el afluente	360	360	360	mg/l	
Remoción de DBO	50	50	50	%	40 - 60%. La Gaceta No.90
DBO en el efluente	180	180	180	mg/l	
D. DIMENSIONES FINALES DEL TANQUE SÉPTICO					
Ancho (B)	3.60	2.50	3.80	m	
Longitud total (Lt)	12.63	5.41	13.46	m	
Profundidad total (H)	4.10	3.50	4.10	m	
Área de construcción (Ats)	45.45	13.54	51.15	m ²	

Tabla 39
Diseño de FAFAs (Alternativas 1 y 2)

I. CRITERIOS DE DISEÑO					
Parámetro	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
No. de contribuyentes (N)	1,898	238	2,136	hab	Proyectados
Contribución de desechos (C)	80	80	80	lppd	
Caudal medio (Qmed)	151,804.8	19,094.4	170,899.2	l/día	
Tiempo de retención (T)	0.5	0.5	0.5	días	= Tanque Séptico
No. de unidades	2	1	2	und	
Proyección vertical libre (BL)	0.30	0.30	0.30	m	0.25 < BL < 0.30
II. DISEÑO DEL FAFA					
Cálculo	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
A. DIMENSIONAMIENTO					
Volumen total (Vt)	121.47	15.23	136.70	m ³	
Volumen de cada FAFA (V)	60.74	15.23	68.35	m ³	
Profundidad (H)	1.80	1.80	1.80	m	GT INAA 11.3
Area del FAFA (A)	33.74	8.46	37.97	m ²	
Ancho del FAFA (B)	3.60	2.50	3.80	m	= B tanque séptico
Longitud del FAFA (L)	9.37	3.38	9.99	m	
B. REMOCIÓN					
Coliformes fecales en afluente	6.00E+06	6.00E+06	6.00E+06	NMP/100ml	
Remoción de coliformes fecales	90	90	90	%	
Coliformes fecales en efluente	6.00E+05	6.00E+05	6.00E+05	NMP/100ml	
DBO en el afluente	180	180	180	mg/l	
Remoción de DBO	80	80	80	%	
DBO en el efluente	36	36	36	mg/l	
C. DIMENSIONES FINALES DEL FAFA					
Ancho (B)	3.60	2.50	3.80	m	
Longitud (L)	9.37	3.38	9.99	m	
Profundidad total (Ht)	2.10	2.10	2.10	m	

Tabla 40
Diseño de humedales (Alternativas 1 y 2)

I. CRITERIOS DE DISEÑO					
Parámetro	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
Caudal medio (Qmed)	0.0018	0.0002	0.0020	m ³ /s	GT INAA 11.6.2 0.30 - 0.60. Tabla 11.6 GT INAA
	151.80	19.09	170.90	m ³ /d	
Temperatura crítica del aire en el mes más frío (T _{ai})	16.0	16.0	16.0	°	
Temperatura crítica del agua al entrar (T _a)	21.45	21.45	21.45	°	
Constante óptima de remoción (K _o)	1.839	1.839	1.839	d ⁻¹	
Profundidad del agua en el humedal (Y)	0.60	0.60	0.60	m	
Medio Filtrante ⇒ Grava Media					
Tamaño efectivo (TE)	32	32	32	mm	Tabla 11.5. GT INAA
Porosidad (n)	0.40	0.40	0.40		Tabla 11.5. GT INAA
Conductividad hidráulica (Ks)	10,000	10,000	10,000	m ³ /m ² /día	Tabla 11.5. GT INAA
II. DISEÑO DE BIOFILTRO					
Cálculo	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
A. SUPERFICIE REQUERIDA, TRH Y CARGAS					
Constante de biodegradación de la materia orgánica a 20°C (K _{20°C})	1.50	1.50	1.50	d ⁻¹	
Constante de reacción de 1er orden a temperatura ambiente (K)	1.63	1.63	1.63	d ⁻¹	
Área requerida para remover DBO (A _{req})	764.75	96.19	860.94	m ²	≈ 5 mg/l
Área requerida para remover coliformes (A _{req})	2,478.14	311.71	2,789.85	m ²	≈1,000 NMP/100ml
Área superficial requerida (A _{sup})	2,478.14	311.71	2,789.85	m ²	
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	3.92	3.92	3.92	días	
Carga orgánica (C _{org})	22.05	22.05	22.05	KgDBO/ha.día	< 112. Tabla 11.6 GT INAA
Carga hidráulica (Ch)	612.58	612.58	612.58	m ³ /ha.día	470 - 1,870. Tabla 11.6 GT INAA
B. CAPAS DEL HUMEDAL					
⇒ 1era capa (Residuo vegetal del humedal) (Vegetación: Carrizos)					
Espesor de capa (Y ₁)	0.10	0.10	0.10	m	Propuesto
Conductividad térmica (K ₁)	0.05	0.05	0.05	K (W/m*°C)	
⇒ 2da capa (Grava gruesa de 80mm)					
Espesor de capa (Y ₂)	0.05	0.05	0.05	m	Propuesto
Conductividad térmica (K ₂)	1.50	1.50	1.50	K (W/m*°C)	
⇒ 3ra capa (Grava media)					
Espesor de capa (Y ₃)	0.60	0.60	0.60	m	Propuesto
Conductividad térmica (K ₂)	2.00	2.00	2.00	K (W/m*°C)	

C. TEMPERATURA PROMEDIO DEL AGUA					
Coefficiente de transferencia de calor (U)	0.43	0.43	0.43		
Capacidad de calor específico del agua (Cp)	4,187	4,187	4,187	J/Kg*°C	
Densidad del agua (δ)	1,000	1,000	1,000	Kg/m ³	
Energía ganada por el agua (q_G)	2.49E+09	3.13E+08	2.80E+09	J/°C	
Energía perdida vía conducción a la atmósfera (q_L)	1.96E+09	2.46E+08	2.21E+09	J	
Cambio de temperatura proveniente de pérdidas y ganancias (Tc)	0.8	0.8	0.8	°C	
Temperatura del efluente (Te)	20.66	20.66	20.66	°C	
Temperatura promedio de agua en el humedal (Tw)	21.06	21.06	21.06	°C	
D. DIMENSIONAMIENTOS DE CELDAS DE HUMEDAL					
Número de celdas	3	1	3	und	
Area superficial de cada celda (A_{sup_unit})	826.05	311.71	929.95	m ²	
Caudal de cada celda (Q_{m_unit})	50.60	19.09	56.97	m ³ /d	
Pendiente de fondo del lecho (S)	1.2	0.3	1.2	%	Propuesta (< 5%)
Área de la sección transversal (A_t)	12.65	6.36	14.24	m ²	
Ancho unitario (B_{unit})	21.08	10.61	23.74	m	
Longitud unitaria (L_{unit})	39.18	29.38	39.18	m	
Relación Largo-Ancho	1.9	2.8	1.7	m	$1 \leq L/B \leq 4$
E. REMOCIÓN					
Coliformes fecales en afluente	6.00E+05	6.00E+05	6.00E+05	NMP/100ml	
Remoción de coliformes fecales	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	NMP/100ml	$\leq 1,000$ NMP/100ml
Coliformes fecales en efluente	99.83	99.83	99.83	%	
DBO en el afluente	36	36	36	mg/l	
DBO en el efluente	0.06	0.06	0.06	mg/l	≤ 30 mg/l
Remoción de DBO	99.83	99.83	99.83	%	
F. DIMENSIONES FINALES DE CADA CELDA DE HUMEDAL					
Profundidad del sistema en cada celda (H)	0.75	0.75	0.75	m	0.45 - 0.75. Tabla 11.6 GT INAA
Ancho de cada celda (B_{unit})	21.08	10.61	23.74	m	
Longitud de cada celda (L_{unit})	39.18	29.38	39.18	m	

B.4.3 Diseño de alternativas de tratamiento 3 y 4

Tabla 41
Diseño de tanques Imhoff (Alternativas 3 y 4)

I. CRITERIOS DE DISEÑO					
Parámetro	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
Caudal medio (Qmed)	0.0018	0.0002	0.0020	m ³ /s	Mapa climático INETER
Población servida (P)	1,898	238	2,136	hab	
No. de unidades	1	1	1	und	
Temperatura media anual (T°)	22.0	22.0	22.0	°	
⇒ Cámara de sedimentación					
Carga superficial (Cs)	1.0	1.0	1.0	m ³ /m ² *h	1 - 7. Tabla 11.2 GT INAA
Carga sobre vertedero del efluente	24.0	24.0	24.0	m ³ /m*h	7 - 25. Tabla 11.2 GT INAA
Tiempo de retención (Tr)	2	2	2	h	2 - 4. Tabla 11.2 GT INAA
Relacion L/B	5.0	2.0	5.0		2:1 - 5:1. Tabla 11.2 GT INAA
Pendiente del fondo V/H. (Pf)	1.25	1.75	1.25		5:4 - 7:4
Proyección horizontal del saliente	25	25	25	cm	15 - 30. Tabla 11.2 GT INAA
⇒ Cámara de digestión					
Factor de capacidad relativa (Fcr)	0.7	0.7	0.7		CEPIS
Tiempo de digestión (Td)	1.3	1.3	1.3	días	CEPIS
II. DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO					
Cálculo	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 3		Alternativa 4		
	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
A. CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN					
Área superficial total (Ast)	6.33	0.80	7.12	m ²	
Área superficial por sedimentador (Asu)	6.33	0.80	7.12	m ²	
Volumen total de sedimentación (Vt)	12.65	1.59	14.24	m ³	
Volumen de cada sedimentador (Vu)	12.65	1.59	14.24	m ³	
Ancho de sedimentador (Bs)	1.12	0.63	1.19	m	
Longitud de sedimentador (Ls)	5.62	1.26	5.97	m	
Altura triangular del sedimentador (Hts)	0.70	0.55	0.75	m	
Area transversal triangular del sedimentador (Atts)	0.40	0.17	0.45	m ²	
Area transversal rectangular del sedimentador (Atrs)	1.85	1.09	1.94	m ²	
Altura rectangular del sedimentador (Hrs)	1.65	1.72	1.63	m	
Area transversal total del sedimentador (Atrts)	2.25	1.26	2.39	m ²	
Altura total del sedimentador (Ht)	2.35	2.28	2.37	m	
Velocidad de flujo horizontal (Vhz)	4.69	1.05	4.97	cm/min	< 30 cm/min. Tabla 11.2 GT INAA
B. DEFLECTOR DE ESPUMA					
Por debajo de la superficie	30	30	30	cm	25 - 40. Tabla 11.2 GT INAA
Por encima de la superficie	30	30	30	cm	Tabla 11.2 GT INAA
Borde libre (BL)	50	60	50	cm	45 - 60. Tabla 11.2 GT INAA
C. ZONA DE VENTILACIÓN DE GASES					
Ancho de abertura (bi)	75	75	75	cm	45 - 75. Taba 11.2 GT INAA
Separacón entre sedimentadores (s)	1.0	1.0	1.0	m	
Superficie en porcentaje del total (%)	23	23	23	%	15 - 30. Tabla 11.2 GT INAA

D. CÁMARA DE DIGESTIÓN					
Volumen de almacenamiento total (Vat)	93.00	11.66	104.66	m ³	
Volumen de almacenamiento por cámara (Vac)	93.00	11.66	104.66	m ³	
Base mayor de cámara de digestión (BM)	3.92	3.43	3.99	m	
Base menor de cámara de digestión (Bm)	1.0	1.0	1.0	m	Propuesta
Longitud de cada cámara (Lc)	5.62	1.26	5.97	m	
Altura trapezoidal (Htc)	1.83	2.13	1.87	m	
Volumen trapezoidal (Vtc)	16.98	5.41	18.59	m ³	
Volumen rectangular (Vrc)	76.02	6.25	86.07	m ³	
Altura de lodos en zona rectangular (Hrc)	3.44	1.44	3.61	m	
Distancia libre hasta el nivel de lodos	60.0	90.0	60.0	cm	30 - 90. Tabla 11.2 GT INAA
Altura total de la cámara de digestión (Htcd)	5.87	4.47	6.08	m	
E. ALTURA DEL TANQUE					
Profundidad total del tanque (Hti)	8.72	7.35	8.96	m	7.25 - 9.5. Tabla 11.2 GT INAA
F. REMOCIÓN					
Coliformes fecales en afluente	1.00E+07	1.00E+07	1.00E+07	NMP/100ml	
Remoción de coliformes fecales	30	30	30	%	10 - 90%. La Gaceta No.90
Coliformes fecales en efluente	7.00E+06	7.00E+06	7.00E+06	NMP/100ml	
DBO en el afluente	360	360	360	mg/l	
Remoción de DBO	50	50	50	%	40 - 60%. La Gaceta No.90
DBO en el efluente	180	180	180	mg/l	

Tabla 42
Diseño de humedales (Alternativas 3 y 4)

I. CRITERIOS DE DISEÑO					
Parámetro	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
Caudal medio (Qmed)	0.0018	0.0002	0.0020	m ³ /s	
	151.80	19.09	170.90	m ³ /d	
Temperatura crítica del aire en el mes más frio (T _{ai})	16.0	16.0	16.0	°	
Temperatura crítica del agua al entrar (T _a)	21.45	21.45	21.45	°	
Constante óptima de remoción (K _o)	1.839	1.839	1.839	d ⁻¹	GT INAA 11.6.2
Profundidad del agua en el humedal (Y)	0.65	0.65	0.65	m	0.30 - 0.60. Tabla 11.6 GT INAA
	Medio Filtrante ⇒ Grava Media				
Tamaño efectivo (TE)	32	32	32	mm	Tabla 11.5. GT INAA
Porosidad (n)	0.40	0.40	0.40		Tabla 11.5. GT INAA
Conductividad hidráulica (Ks)	10,000	10,000	10,000	m ³ /m ² /día	Tabla 11.5. GT INAA
II. DISEÑO DE BIOFLTRO					
Cálculo	Valor			Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2			
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1		
A. SUPERFICIE REQUERIDA, TRH Y CARGAS					
Constante de biodegradación de la materia orgánica a 20°C (K _{20°C})	1.50	1.50	1.50	d ⁻¹	
Constante de reacción de 1er orden a temperatura ambiente (K)	1.63	1.63	1.63	d ⁻¹	
Área requerida para remover DBO (A _{req})	1,281.45	161.18	1,442.63	m ²	≈ 5 mg/l
Área requerida para remover coliformes (A _{req})	3,166.03	398.23	3,564.26	m ²	≈1,000 NMP/100ml
Área superficial requerida (A _{sup})	3,166.03	398.23	3,564.26	m ²	
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	5.42	5.42	5.42	días	
Carga orgánica (C _{org})	86.31	86.31	86.31	KgDBO/ha.día	< 112. Tabla 11.6 GT INAA
Carga hidráulica (Ch)	479.48	479.48	479.48	m ³ /ha.día	470 - 1,870. Tabla 11.6 GT INAA
B. CAPAS DEL HUMEDAL					
⇒ 1era capa (Residuo vegetal del humedal) (Vegetación: Carrizos)					
Espesor de capa (Y ₁)	0.10	0.10	0.10	m	Propuesto
Conductividad térmica (K ₁)	0.05	0.05	0.05	K (W/m*°C)	
⇒ 2da capa (Grava gruesa de 80mm)					
Espesor de capa (Y ₂)	0.05	0.05	0.05	m	Propuesto
Conductividad térmica (K ₂)	1.50	1.50	1.50	K (W/m*°C)	
⇒ 3ra capa (Grava media)					
Espesor de capa (Y ₃)	0.65	0.65	0.65	m	Propuesto
Conductividad térmica (K ₂)	2.00	2.00	2.00	K (W/m*°C)	

C. TEMPERATURA PROMEDIO DEL AGUA

Coefficiente de transferencia de calor (U)	0.42	0.42	0.42	
Capacidad de calor específico del agua (Cp)	4,187	4,187	4,187	J/Kg*°C
Densidad del agua (δ)	1,000	1,000	1,000	Kg/m ³
Energía ganada por el agua (q _G)	3.45E+09	4.34E+08	3.88E+09	J/°C
Energía perdida vía conducción a la atmósfera (q _L)	3.43E+09	4.31E+08	3.86E+09	J
Cambio de temperatura proveniente de pérdidas y ganancias (Tc)	1.0	1.0	1.0	°C
Temperatura del efluente (Te)	20.46	20.46	20.46	°C
Temperatura promedio de agua en el humedal (Tw)	20.95	20.95	20.95	°C

D. DIMENSIONAMIENTOS DE CELDAS DE HUMEDAL

Número de celdas	3	1	3	und	
Area superficial de cada celda (A _{sup unit})	1,055.34	398.23	1,188.09	m ²	
Caudal de cada celda (Q _{m unit})	50.60	19.09	56.97	m ³ /d	
Pendiente de fondo del lecho (S)	1.0	0.25	1.0	%	Propuesta (< 5%)
Área de la sección transversal (At)	15.18	7.64	17.09	m ²	
Ancho unitario (B _{unit})	23.35	11.75	26.29	m	
Longitud unitaria (L _{unit})	45.19	33.89	45.19	m	
Relación Largo-Ancho	1.9	2.9	1.7	m	1 ≤ L/B ≤ 4

E. REMOCIÓN

Coliformes fecales en afluente	7.00E+06	7.00E+06	7.00E+06	NMP/100ml	
Remoción de coliformes fecales	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	NMP/100ml	≤ 1,000 NMP/100ml
Coliformes fecales en efluente	99.99	99.99	99.99	%	
DBO en el afluente	180	180	180	mg/l	
DBO en el efluente	0.03	0.03	0.03	mg/l	≤ 30 mg/l
Remoción de DBO	99.99	99.99	99.99	%	

F. DIMENSIONES FINALES DE CADA CELDA DE HUMEDAL

Profundidad del sistema en cada celda (H)	0.80	0.80	0.80	m	0.45 - 0.75. Tabla 11.6 GT INAA
Ancho de cada celda (B _{unit})	23.35	11.75	26.29	m	
Longitud de cada celda (L _{unit})	45.19	33.89	45.19	m	

B.4.4 Diseño de lechos de secado de lodos (Alternativas 1, 2, 3 y 4)

Tabla 43
Diseño de lechos de secado

I. CRITERIOS DE DISEÑO								
Parámetro	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4				
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
% de humedad del lodo (% hum)	93%	93%	93%	90%	90%	90%	%	Tabla 13.1. GT INAA
Densidad relativa del lodo (ρ_l)	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	Kg/l	Tabla 13.1. GT INAA
Sólidos suspendidos (SS)	260	260	260	260	260	260	mg/l	
Caudal (Qm)	151.805	19.094	170.899	151.805	19.094	170.899	m³/día	
Período de limpieza (T)	6	6	6	1.3	1.3	1.3	meses	
Profundidad de aplicación (Ha)	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	m	0.2 - 0.4. CEPIS
No. de habitantes	1,898	238	2,136	1,898	238	2,136	hab	
II. DISEÑO DE LECHO DE SECADO								
Cálculo	Valor						Unidad	Criterio Aplicado
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4				
	ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1	ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A		
A. DIMENSIONAMIENTO								
Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (Cs)	39.47	4.96	44.43	39.47	4.96	44.43	Kg SS/día	
Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd)	12.83	1.61	14.44	12.83	1.61	14.44	Kg SS/día	
Volumen diario de lodos digeridos (Vd)	0.18	0.02	0.20	0.12	0.02	0.14	m³/día	
Volumen de lodos a extraerse del tanque (V)	32.02	4.03	36.05	4.93	0.62	5.55	m³	
Área del lecho de secado (Als)	80.06	10.07	90.13	24.67	3.10	27.77	m²	
Ancho del lecho de secado (B)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	m	GT INAA 13.8.5
Longitud del lecho de secado (L)	13.34	1.68	15.02	4.11	0.52	4.63	m	< 60 m. GT INAA 13.8.5
Número de unidades	1	1	1	1	1	1	und	
Área per cápita (Ap)	0.04	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	m²/hab	
Carga de sólidos secos (Css)	58.48	58.48	58.48	189.80	189.80	189.80	Kg/m²·año	
B. DIMENSIONES FINALES DEL LECHO DE SECADO								
Longitud del lecho de secado (L)	13.34	1.68	15.02	4.11	0.52	4.63	m	
Ancho del lecho de secado (B)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	m	
Profundidad del lecho de secado (H)	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	m	

Apéndice C: COSTO DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Tabla 44 / Presupuesto de red de alcantarillado (Alternativas 1 y 3)

ITEM No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (C\$)	
				UNITARIO	TOTAL
1	PRELIMINARES	GLOBAL	1.00	11,816.55	11,816.55
	Limpieza inicial	m ²	120.00	4.11	493.20
	Champa	Global	1.00	11,323.35	11,323.35
2	TUBERIA PVC DE 6" (150 MM)	ML	3,942.36	1,138.03	4,486,538.15
	Tubería PVC SDR-41 de 150 mm. Incluye suministro, instalación y accesorios	ml	3,942.36	687.83	2,711,673.48
	Trazo y Nivelación	ml	3,942.36	12.85	50,659.33
	Excavación, relleno y compactación	m ³	4,742.82	348.06	1,650,762.57
	Profundidad de 1.5 a 2.0 m	m ³	2,867.94	249.56	715,722.29
	Profundidad de 2.0 a 2.5 m	m ³	365.62	364.07	133,111.98
	Profundidad de 2.5 a 3.0 m	m ³	304.10	385.83	117,332.07
	Profundidad de 3.0 a 3.5 m	m ³	207.19	414.59	85,898.68
	Profundidad de 3.5 a 4.0 m	m ³	218.89	511.82	112,034.07
	Profundidad de 4.0 a 4.5 m	m ³	236.76	584.51	138,386.68
	Profundidad de 4.5 a 5.0 m	m ³	258.09	629.42	162,448.99
	Profundidad de 5.0 a 5.5 m	m ³	158.63	646.33	102,526.51
	Profundidad de 5.5 a 6.0 m	m ³	125.60	663.24	83,301.29
	Desalojo de material sobrante	m ³	432.88	44.80	19,393.02
	Prueba de exfiltración para tubería	ml	3,942.36	13.71	54,049.76
3	POZOS DE VISITA SANITARIOS (PVS)	C/U	65.00	12,110.79	787,201.43
	PVS con profundidad de 0.0 a 1.5 m	c/u	45.00	10,242.12	460,895.40
	PVS con profundidad de 1.5 a 2.0 m	c/u	4.00	11,581.66	46,326.64
	PVS con profundidad de 2.0 a 2.5 m	c/u	5.00	12,335.53	61,677.65
	PVS con profundidad de 2.5 a 3.0 m	c/u	4.00	14,418.24	57,672.96
	PVS con profundidad de 3.0 a 3.5 m	c/u	2.00	16,926.56	33,853.12
	PVS con profundidad de 3.5 a 4.0 m	c/u	3.00	17,982.50	53,947.50
	PVS con profundidad de 4.5 a 5.0 m	c/u	1.00	30,139.02	30,139.02
	PVS con profundidad de 5.5 a 6.0 m	c/u	1.00	40,544.18	40,544.18
	Caída para PVS con tubería PVC	c/u	1.00	2,144.96	2,144.96
4	CONEXIONES DOMICILIARES	C/U	356.00	3,164.98	1,126,732.88
5	ROTURA Y REPOSICIÓN DE CARPETA	M²	426.20	546.26	232,815.00
	Rotura y reposición de carpeta asfáltica	m ²	3.60	642.39	2,312.60
	Rotura y reposición de carpeta adoquinada	m ²	422.60	545.44	230,502.40
6	MITIGACIÓN DE IMPACTOS	GLOBAL	1.00	15,562.93	15,562.93
	Medidas de mitigación y prevención de accidentes	Global	1.00	15,562.93	15,562.93
7	LIMPIEZA FINAL	M²	2,485.42	4.11	10,215.06
COSTOS DIRECTOS (CD)				6,670,882.00	
COSTOS INDIRECTOS (CI) (40% CD)				2,668,352.80	
ADMINISTRACIÓN (10% CD)				667,088.20	
IMPREVISTOS (10% CD)				667,088.20	
UTILIDADES (10% CD)				667,088.20	
SUPERVISIÓN (5% CD)				333,544.10	
TOTAL CD + CI				9,339,234.80	
IMPUESTOS (16% (CD + CI))				1,494,277.57	
COSTO TOTAL DE LA RED				C\$ 10,833,512.37	
				\$ 491,761.80	

Tabla 45 / Presupuesto de red de alcantarillado (Alternativas 2 y 4)

Presupuesto de Red de Alcantarillado - Alternativas 2 y 4					
ITEM No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (C\$)	
				UNITARIO	TOTAL
1	PRELIMINARES	GLOBAL	1.00	11,816.55	11,816.55
	Limpieza inicial	m ²	120.00	4.11	493.20
	Champa	Global	1.00	11,323.35	11,323.35
2	TUBERIA PVC DE 6" (150 MM)	ML	3,758.92	1,262.11	4,744,177.27
	Tubería PVC SDR-41 de 150 mm. Incluye suministro, instalación y accesorios	ml	3,758.92	687.83	2,585,497.94
	Trazo y nivelación	ml	3,758.92	12.85	48,302.12
	Excavación, relleno y compactación	m ³	5,070.01	402.43	2,040,345.84
	Profundidad de 1.5 a 2.0 m	m ³	2,514.47	249.56	627,510.31
	Profundidad de 2.0 a 2.5 m	m ³	354.54	364.07	129,078.80
	Profundidad de 2.5 a 3.0 m	m ³	305.20	385.83	117,757.00
	Profundidad de 3.0 a 3.5 m	m ³	258.18	414.59	107,039.11
	Profundidad de 3.5 a 4.0 m	m ³	262.55	511.82	134,380.51
	Profundidad de 4.0 a 4.5 m	m ³	256.62	584.51	149,998.58
	Profundidad de 4.5 a 5.0 m	m ³	272.25	629.42	171,360.10
	Profundidad de 5.0 a 5.5 m	m ³	203.70	646.33	131,656.00
	Profundidad de 5.5 a 6.0 m	m ³	189.99	663.24	126,006.70
	Profundidad de 6.0 a 6.5 m	m ³	163.05	724.91	118,199.84
	Profundidad de 6.5 a 7.0 m	m ³	289.44	785.50	227,358.87
	Desalojo de material sobrante	m ³	412.87	44.80	18,496.58
	Prueba de exfiltración para tubería	ml	3,758.92	13.71	51,534.79
3	POZOS DE VISITA SANITARIOS (PVS)	C/U	63.00	13,650.14	859,958.88
	PVS con profundidad de 0.0 a 1.5 m	c/u	39.00	10,242.12	399,442.68
	PVS con profundidad de 1.5 a 2.0 m	c/u	3.00	11,581.66	34,744.98
	PVS con profundidad de 2.0 a 2.5 m	c/u	7.00	12,335.53	86,348.71
	PVS con profundidad de 2.5 a 3.0 m	c/u	4.00	14,418.24	57,672.96
	PVS con profundidad de 3.0 a 3.5 m	c/u	2.00	16,926.56	33,853.12
	PVS con profundidad de 3.5 a 4.0 m	c/u	3.00	17,982.50	53,947.50
	PVS con profundidad de 4.5 a 5.0 m	c/u	2.00	30,139.02	60,278.04
	PVS con profundidad de 5.0 a 5.5 m	c/u	1.00	31,194.96	31,194.96
	PVS con profundidad de 6.0 a 6.5 m	c/u	1.00	45,667.91	45,667.91
	PVS con profundidad de 6.5 a 7.0 m	c/u	1.00	52,518.10	52,518.10
	Caída para PVS con tubería PVC	c/u	2.00	2,144.96	4,289.92
4	CONEXIONES DOMICILIARES	C/U	356.00	3,164.98	1,126,732.88
5	ROTURA Y REPOSICIÓN DE CARPETA	M²	426.20	546.26	232,815.00
	Rotura y reposición de carpeta asfáltica	m ²	3.60	642.39	2,312.60
	Rotura y reposición de carpeta adoquinada	m ²	422.60	545.44	230,502.40
6	MITIGACIÓN DE IMPACTOS	GLOBAL	1.00	16,187.22	16,187.22
	Medidas de mitigación y prevención de accidentes	Global	1.00	16,187.22	16,187.22
7	LIMPIEZA FINAL	M²	2,375.35	4.11	9,762.70
COSTOS DIRECTOS (CD)				6,991,687.80	
COSTOS INDIRECTOS (CI) (40% CD)				2,796,675.12	
ADMINISTRACIÓN (10% CD)				699,168.78	
IMPREVISTOS (10% CD)				699,168.78	
UTILIDADES (10% CD)				699,168.78	
SUPERVISIÓN (5% CD)				349,584.39	
TOTAL CD + CI				9,788,362.93	
IMPUESTOS (16% (CD + CI))				1,566,138.07	
COSTO TOTAL DE LA RED				C\$ 11,354,500.99	
				\$ 508,486.39	

Tabla 46
Costos de operación y mantenimiento de redes

Red 1 - Alternativas 1 y 3						
DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	UNIDAD	# DE ACTIVIDADES	COSTO (C\$)		
				UNITARIO	TOTAL	ANUAL
Limpieza general	2 Veces/Año	C\$/Actividad	50	748.39	37,419.50	1,496.78
Limpieza de obstrucciones	6 Obstrucciones/ Año /Km tubería	C\$/Actividad	591	748.39	442,298.49	17,691.94
Reparación de PVS	2 Unidades/ Año /Km tubería	C\$/Actividad	197	1,086.59	214,058.23	8,562.33
COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					C\$ 693,776.22 \$ 31,069.24	C\$ 27,751.05 \$ 1,242.77

Red 2 - Alternativas 2 y 4						
DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	UNIDAD	# DE ACTIVIDADES	COSTO (C\$)		
				UNITARIO	TOTAL	ANUAL
Limpieza general	2 Veces/Año	C\$/Actividad	50	748.39	37,419.50	1,496.78
Limpieza de obstrucciones	6 Obstrucciones/ Año /Km tubería	C\$/Actividad	564	748.39	422,091.96	16,883.68
Reparación de PVS	2 Unidades/ Año /Km tubería	C\$/Actividad	188	1,086.59	204,278.92	8,171.16
COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					C\$ 663,790.38 \$ 29,726.39	C\$ 26,551.62 \$ 1,189.06

Tabla 47
Costo de alternativas de tratamiento

Sistema de tratamiento - Alternativas 1 y 2					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL (C\$)		
			Alternativa 1		Alternativa 2
			ST 1.1	ST 1.2	ST 2.1
Tratamiento preliminar	Global	1.00	209,121.64	26,222.84	235,344.48
Tanque séptico + FAFA	Global	1.00	1,,110,521.40	139,684.25	1,,250,205.65
Humedal de flujo subsuperficial	Global	1.00	1,,668,905.42	209,919.24	1,878,824.66
Lecho de secado	Global	1.00	108,198.21	13,609.24	121,807.45
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO			C\$ 3,096,746.67	C\$ 389,435.57	C\$ 3,486,182.24
			C\$ 3,486,182.24		
			\$ 156,121.01		
Sistema de tratamiento - Alternativas 3 y 4					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL (C\$)		
			Alternativa 3		Alternativa 4
			ST 1.A	ST 1.B	ST 2.A
Tratamiento preliminar	Global	1.00	209,121.64	26,222.84	235,344.48
Tanque Imhoff	Global	1.00	515,250.06	64,609.86	579,859.92
Humedal de flujo subsuperficial	Global	1.00	2,,132,166.67	268,189.43	2,,400,356.11
Lecho de secado	Global	1.00	33,340.62	4,189.54	37,530.15
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO			C\$ 2,889,878.99	C\$ 363,211.67	C\$ 3,253,090.66
			C\$ 3,253,090.66		
			\$ 145,682.52		

Tabla 48
Costo de operación y mantenimiento de alternativas de tratamiento

Alternativas 1 y 3									
DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	UNIDAD	# DE ACTIVIDADES	COSTO (C\$)					
				Alternativa 1			Alternativa 3		
				UNITARIO	TOTAL	ANUAL	UNITARIO	TOTAL	ANUAL
Limpieza, mantenimiento y control de operaciones de planta de tratamiento	Diario	C\$/Mes	600	5,000.00	3,000,000.00	120,000.00	5,000.00	3,000,000.00	120,000.00
Reparación de instalaciones	Eventual	C\$/Reparación	250	1,086.59	271,647.50	10,865.90	1,086.59	271,647.50	10,865.90
Pruebas de laboratorio	Semanal	C\$/Semana	2,607	2,500.00	6,517,857.14	260,714.29	2,500.00	6,517,857.14	260,714.29
Cambio de lecho filtrante de los humedales	Cada 6 años	C\$/Cambio	4	546,994.12	2,187,976.49	87,519.06	698,830.88	2,795,323.51	111,812.94
Cosecha de plantas del humedal	Cada 10 meses	C\$/Cosecha	60	1,000.00	60,000.00	2,400.00	1,000.00	60,000.00	2,400.00
COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					C\$ 12,037,481.14	C\$ 481,499.25		C\$ 12,644,828.15	C\$ 505,793.13
					\$539,072.15	\$21,562.89		\$566,270.85	\$22,650.83

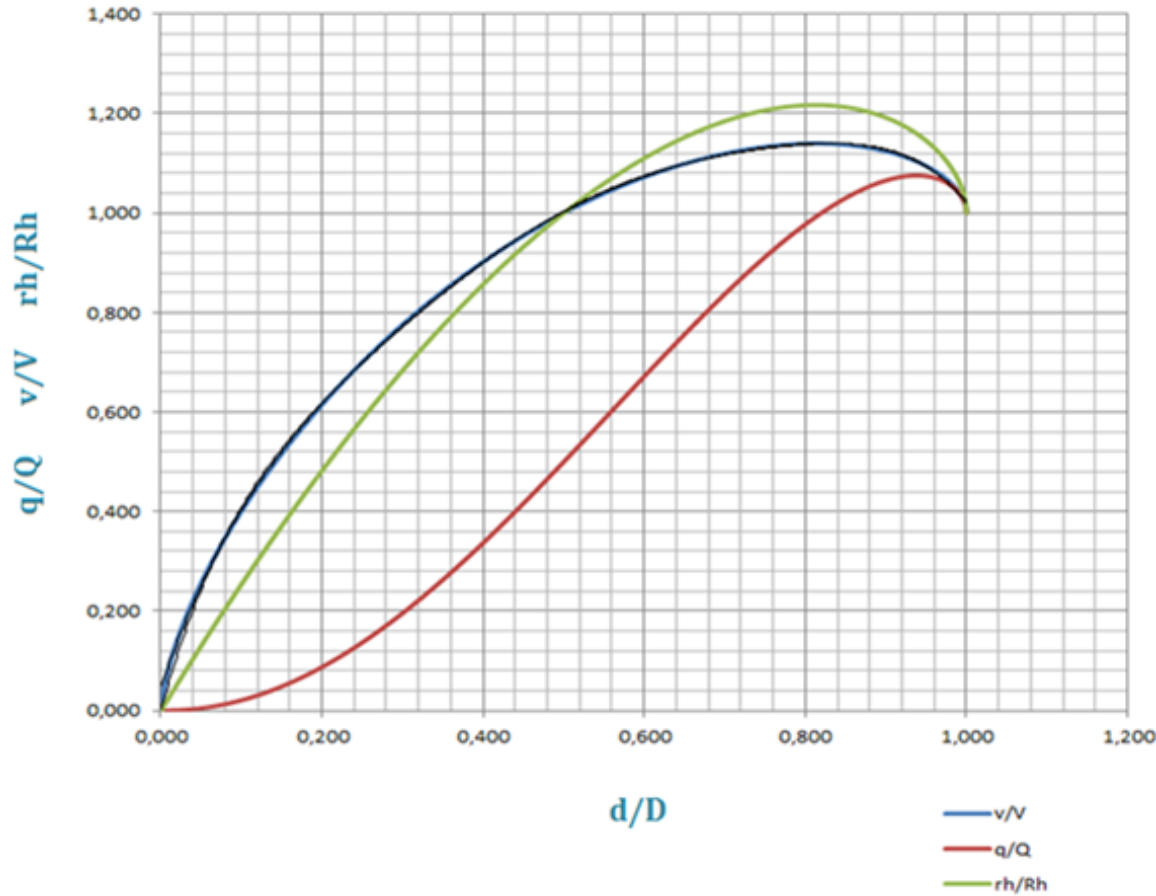
Alternativas 2 y 4									
DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	UNIDAD	# DE ACTIVIDADES	COSTO (C\$)					
				Alternativa 2			Alternativa 4		
				UNITARIO	TOTAL	ANUAL	UNITARIO	TOTAL	ANUAL
Limpieza, mantenimiento y control de operaciones de planta de tratamiento	Diario	C\$/Mes	300	5,000.00	1,500,000.00	60,000.00	5,000.00	1,500,000.00	60,000.00
Reparación de instalaciones	Eventual	C\$/Reparación	125	1,086.59	135,823.75	5,432.95	1,086.59	135,823.75	5,432.95
Pruebas de laboratorio	Semanal	C\$/Semana	1,304	2,500.00	3,258,928.57	130,357.14	2,500.00	3,258,928.57	130,357.14
Cambio de lecho filtrante de los humedales	Cada 6 años	C\$/Cambio	4	546,994.12	2,187,976.49	87,519.06	698,830.88	2,795,323.51	111,812.94
Cosecha de plantas del humedal	Cada 10 meses	C\$/Cosecha	60	1,000.00	60,000.00	2,400.00	1,000.00	60,000.00	2,400.00
COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					C\$ 7,142,728.81	C\$ 285,709.15		C\$ 7,750,075.83	C\$ 310,003.03
					\$319,871.42	\$12,794.86		\$347,070.12	\$13,882.80

Apéndice D: RELACIONES HIDRÁULICAS DE DISEÑO

Tabla 49 / Tabla de relaciones hidráulicas de diseño

Qd/QLL	h/D	Vd/VLL	Rhd/RhLL	Qd/QLL	h/D	Vd/VLL	Rhd/RhLL	Qd/QLL	h/D	Vd/VLL	Rhd/RhLL
0.000	0.000	0.000	0.000	0.249	0.340	0.830	0.757	0.806	0.680	1.112	1.173
0.000	0.010	0.089	0.027	0.263	0.350	0.843	0.774	0.821	0.690	1.116	1.179
0.001	0.020	0.141	0.053	0.277	0.360	0.855	0.791	0.837	0.700	1.120	1.185
0.002	0.030	0.184	0.079	0.292	0.370	0.868	0.808	0.853	0.710	1.123	1.190
0.003	0.040	0.222	0.105	0.307	0.380	0.879	0.825	0.868	0.720	1.126	1.195
0.005	0.050	0.257	0.130	0.322	0.390	0.891	0.841	0.883	0.730	1.129	1.199
0.007	0.060	0.289	0.155	0.337	0.400	0.902	0.857	0.898	0.740	1.131	1.203
0.010	0.070	0.319	0.181	0.353	0.410	0.913	0.873	0.912	0.750	1.133	1.207
0.013	0.080	0.348	0.205	0.368	0.420	0.924	0.888	0.926	0.760	1.135	1.210
0.017	0.090	0.375	0.230	0.384	0.430	0.934	0.903	0.939	0.770	1.137	1.212
0.021	0.100	0.401	0.254	0.400	0.440	0.944	0.918	0.953	0.780	1.138	1.214
0.025	0.110	0.426	0.278	0.417	0.450	0.954	0.932	0.965	0.790	1.139	1.216
0.031	0.120	0.450	0.302	0.433	0.460	0.964	0.947	0.977	0.800	1.140	1.217
0.036	0.130	0.473	0.325	0.450	0.470	0.973	0.960	0.989	0.810	1.140	1.217
0.042	0.140	0.495	0.349	0.466	0.480	0.983	0.974	1.000	0.820	1.140	1.217
0.049	0.150	0.517	0.372	0.483	0.490	0.991	0.987	1.011	0.830	1.139	1.216
0.056	0.160	0.538	0.394	0.500	0.500	1.000	1.000	1.021	0.840	1.139	1.215
0.063	0.170	0.558	0.417	0.517	0.510	1.008	1.013	1.030	0.850	1.137	1.213
0.071	0.180	0.577	0.439	0.534	0.520	1.016	1.025	1.039	0.860	1.136	1.210
0.079	0.190	0.597	0.461	0.551	0.530	1.024	1.037	1.047	0.870	1.134	1.207
0.088	0.200	0.615	0.482	0.568	0.540	1.032	1.048	1.054	0.880	1.131	1.203
0.097	0.210	0.633	0.504	0.586	0.550	1.039	1.060	1.060	0.890	1.128	1.198
0.106	0.220	0.651	0.525	0.603	0.560	1.046	1.070	1.066	0.900	1.124	1.192
0.116	0.230	0.668	0.546	0.620	0.570	1.053	1.081	1.070	0.910	1.120	1.185
0.126	0.240	0.684	0.566	0.637	0.580	1.060	1.091	1.073	0.920	1.115	1.177
0.137	0.250	0.701	0.587	0.655	0.590	1.066	1.101	1.075	0.930	1.109	1.168
0.148	0.260	0.717	0.607	0.672	0.600	1.072	1.111	1.076	0.940	1.103	1.158
0.159	0.270	0.732	0.626	0.689	0.610	1.078	1.120	1.075	0.950	1.095	1.146
0.171	0.280	0.747	0.646	0.706	0.620	1.084	1.128	1.071	0.960	1.086	1.132
0.183	0.290	0.762	0.665	0.723	0.630	1.089	1.137	1.066	0.970	1.075	1.115
0.196	0.300	0.776	0.684	0.740	0.640	1.094	1.145	1.057	0.980	1.062	1.094
0.209	0.310	0.790	0.702	0.756	0.650	1.099	1.153	1.042	0.990	1.044	1.066
0.222	0.320	0.804	0.721	0.773	0.660	1.104	1.160	1.000	1.000	1.000	1.000
0.235	0.330	0.817	0.739	0.789	0.670	1.108	1.167				

Ilustración 7
Gráfico de relaciones hidráulicas de diseño



$$\frac{Rh_d}{Rh_{LL}} = \left(\frac{1 - \text{Sen } \theta}{\theta} \right) \quad (\text{Ec. E.1})$$

$$\frac{V_d}{V_{LL}} = \left(\frac{1 - \text{Sen } \theta}{\theta} \right)^{2/3} \quad (\text{Ec. E.2})$$

$$\frac{Q_d}{Q_{LL}} = \frac{V_d * A_d}{V_{LL} * A_{LL}} = \frac{V_d}{V_{LL}} * \frac{(\theta - \text{Sen } \theta)}{2\pi} \quad (\text{Ec. E.3})$$

$$\theta = 2\text{Cos}^{-1}\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$

Donde:

Rh_d = Radio hidráulico de diseño

Rh_{LL} = Radio hidráulico a sección llena

V_d = Velocidad de diseño

V_{LL} = Velocidad a sección llena

V_d = Velocidad de diseño

V_{LL} = Velocidad a sección llena

θ = Ángulo central (rad)

h : Tirante

D : Diámetro

Apéndice E: FORMATO DE ENCUESTA REALIZADA

Ilustración 8 Formato de encuesta realizada

ENCUESTA DE HOGARES (Bos. MONTE TABOR Y LAS TEJAS/CIUDAD DE MATAGALPA)

ENCUESTADOR _____ ENCUESTADO _____ ENCUESTA No. _____	<h4 style="text-align: center; color: #0070C0;">1. LOCALIZACIÓN</h4> BARRIO _____ DIRECCIÓN _____ VIVIENDA _____
---	---

2. FAMILIA				
No. DE FAMILIAS EN CASA _____ RESPONSABLE DEL HOGAR MADRE _____ PADRE _____ OTRO _____			AÑOS DE VIVIR EN EL BARRIO _____ No. DE PERSONAS CON NIVEL DE EDUCACIÓN PRIMARIA _____ SECUNDARIA _____ UNIVERSITARIA _____	
No. DE PERSONAS EN LA CASA				
SEXO/EDAD	< 12 AÑOS	12-60 AÑOS	> 60 AÑOS	TOTAL
HOMBRES				
MUJERES				
TOTAL				

3. VIVIENDA	
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE PAREDES BLOQUE _____ BLOQUE Y MADERA _____ MADERA _____ OTRO _____ TECHO ZINC _____ OTRO _____ TEJA _____ PISO LADRILLO _____ TIERRA _____ CONCRETO _____ OTRO _____	ESTADO DE LA CASA BUENO _____ MALO _____ REGULAR _____ USO DE LA CASA HABITAR _____ HABITAR Y COMERCIO _____ COMERCIO _____ OTRO _____ LA CASA ES PROPIA _____ PRESTADA _____ ALQUILADA _____ PAGANDOSE _____

4. SERVICIOS BÁSICOS	
ENERGIA ELÉCTRICA ¿TIENE CONEXIÓN ELÉCTRICA? SI _____ NO _____ TIPO DE CONEXIÓN REGULAR _____ IRREGULAR _____	PAGO DE ENERGIA AL MES C\$ _____

HAY CONEXIÓN DOMICILIARIA SI _____ NO _____	DESAGUE Y SANEAMIENTO PUBLICO
CONDICIONES DEL MEDIDOR HAY Y FUNCIONA _____ NO HAY _____ HAY Y NO FUNCIONA _____	EL DESAGUE DE LAS AGUAS GRISES ES A EL PATIO _____ OTRO _____ LA CALLE _____
DIAS A LA SEMANA QUE RECIBE AGUA _____ HORAS AL DIA QUE RECIBE AGUA _____ CONSUMO DEL ULTIMO MES _____ PAGO DEL ULTIMO MES _____	DESEARIA TENER SERVICIO DE ALCANTARILLADO SI _____ NO _____
OTRO TIPO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PUESTO PUBLICO _____ RIO _____ POZO PROPIO _____ VECINO _____ PIPA _____ OTRO _____ DIAS A LA SEMANA QUE RECIBE AGUA _____	CUANTO ESTA DISPUESTO A PAGAR POR MES _____ EXISTEN CHARCAS EN EL PATIO SI _____ NO _____
CANTIDAD DE AGUA QUE COMPRA POR DIA LATA/CUBETA (3GL) _____ TAMBO (1GL) _____ TAMBO (2GL) _____ OTRA _____ _____ _____ _____	QUE TIPO DE SERVICIO HIGIENICO UTILIZA LETRINA _____ NO HAY _____ INODORO _____ SI HAY LETRINA, CUANDO ESTA LLENA ¿COMO LA ABANDONA? SELLANDOLA _____ SIN SELLADO _____ ¿COMO ELIMINA LA BASURA? CAMIÓN _____ DEPÓSITO BALDIO _____ BASURERO MUNICIPAL _____ QUEMÁNDOLAS _____

5. ECONOMIA

6. SALUD

¿CUANTAS PERSONAS EN LA FAMILIA TRABAJAN? ¿CUANTAS RECIBEN UN SALARIO? ¿CUANTAS TRABAJAN DE FORMA INDEPENDIENTE? ¿CUANTAS RECIBEN JUBIACION U OTRO SUBSIDIO?	ENFERMOS EN LA FAMILIA EN EL ULTIMO AÑO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS _____ PARASITOS INTESTINALES _____ VIAS URINARIAS _____ COLERA _____	DIARREA _____ DENGUE _____ OTRAS _____
EL INGRESO FAMILIAR MENSUAL ES MENOR A 1000 _____ 1000-3000 _____ 3000-5000 _____	OTRO TIERRA	

OBSERVACIONES

Apéndice F: RESULTADOS DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA

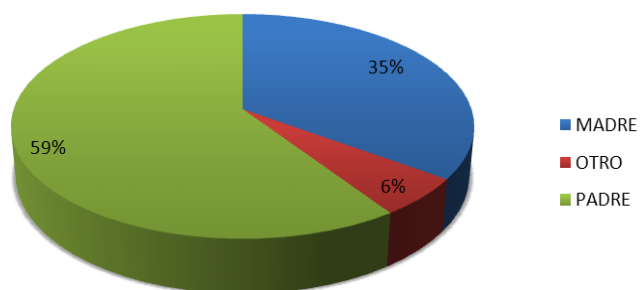


Ilustración 9: Persona responsables del hogar

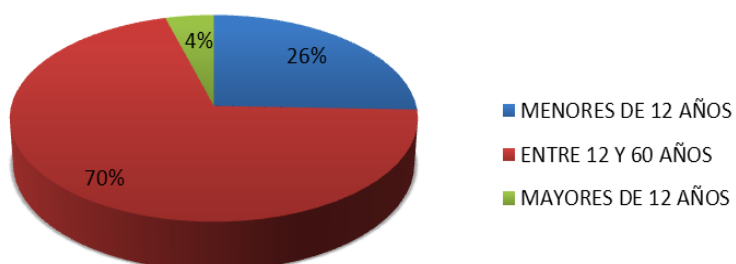


Ilustración 10: Edad de la población

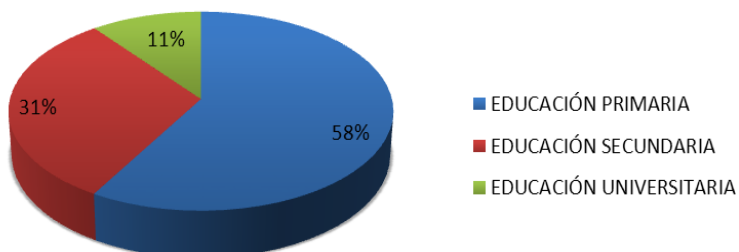


Ilustración 11: Nivel de educación de la población

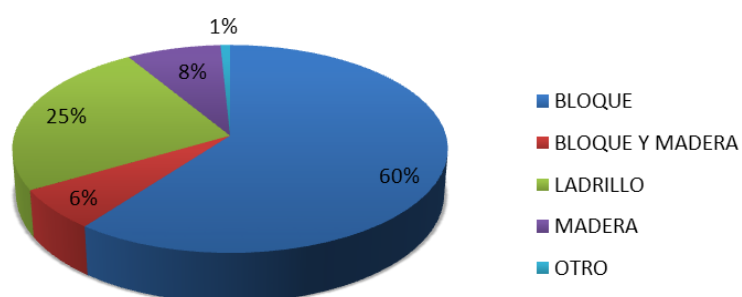


Ilustración 12: Material de construcción de paredes

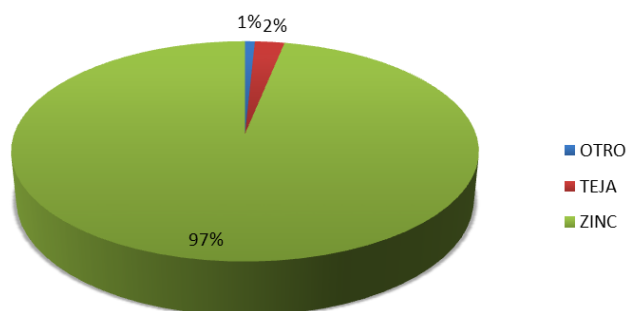


Ilustración 13: Material de construcción de techos

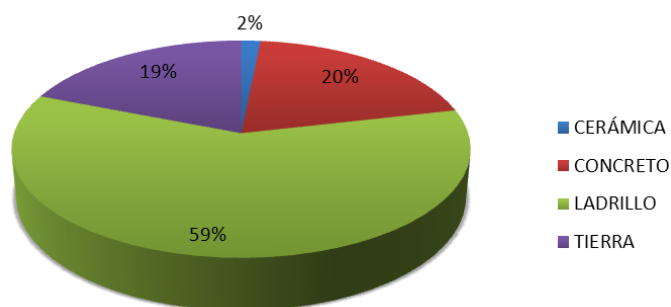


Ilustración 14: Material de construcción de pisos

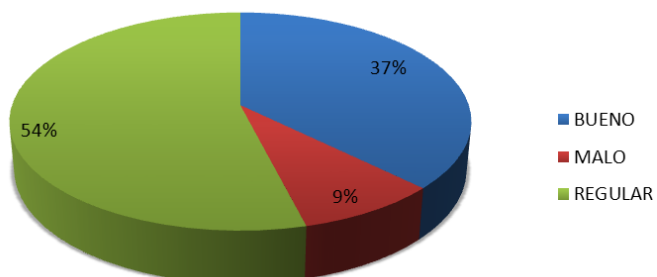


Ilustración 15: Estado de las viviendas

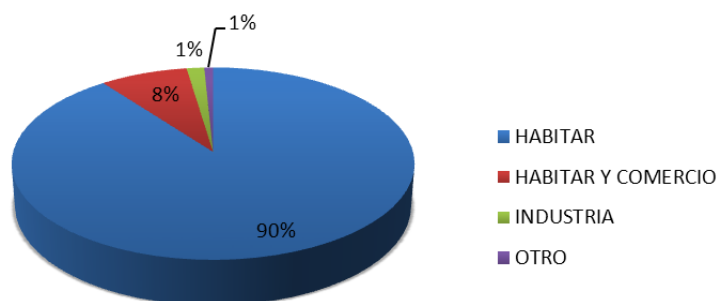


Ilustración 16: Uso de las viviendas

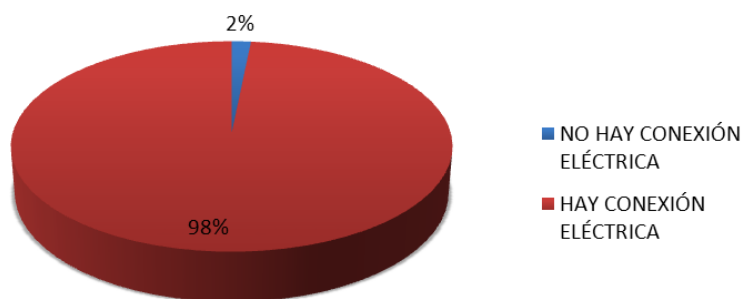


Ilustración 17: Conexión eléctrica

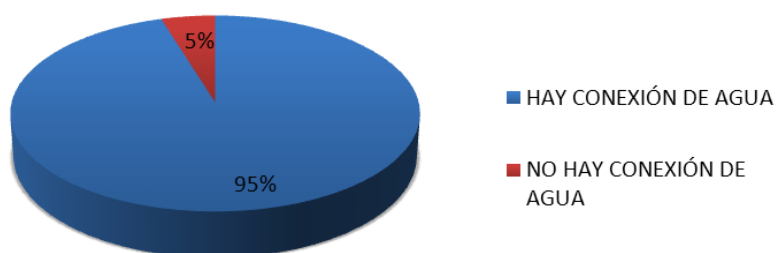


Ilustración 18: Conexión domiciliar de agua

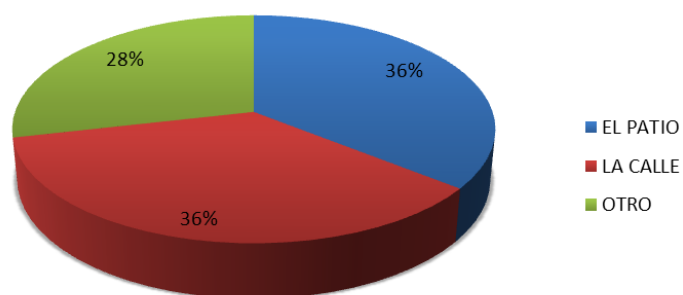


Ilustración 19: Disposición de las aguas grises

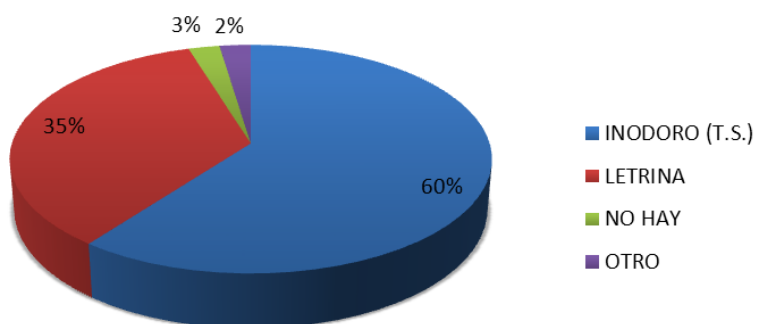


Ilustración 20: Tipo de servicio higiénico

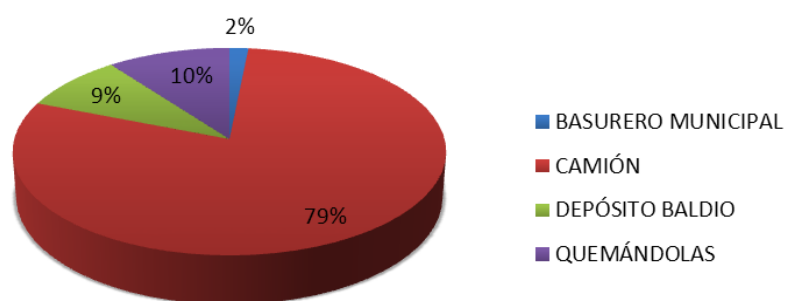


Ilustración 21: Disposición de basuras

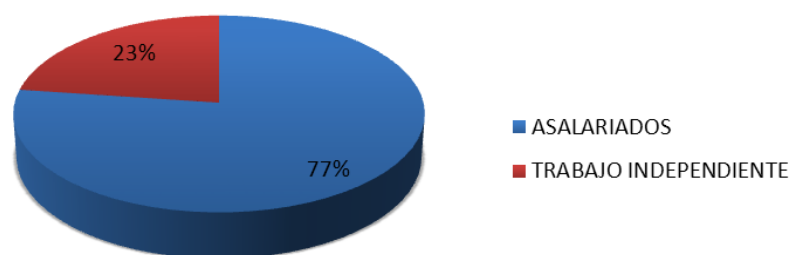


Ilustración 22: Condición de los trabajadores

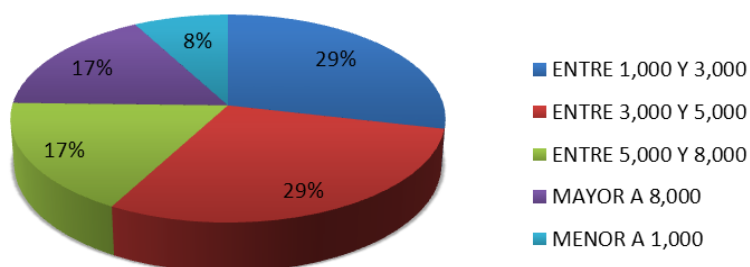


Ilustración 23: Rango de salarios

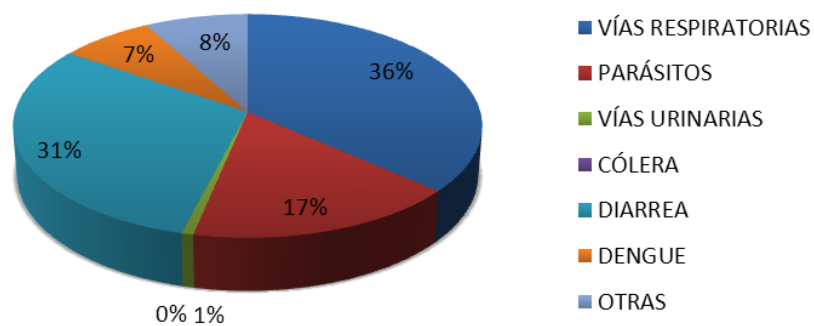


Ilustración 24: Tipos de enfermedades en el último año

Apéndice G: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

G.1 GENERALIDADES

Estas especificaciones técnicas son generales y se refieren a todos los aspectos de la construcción, en el caso de que algún tipo de actividad no esté incluida en estas especificaciones, es deber del contratista hacer la obra de manera técnicamente correcta. Se recomienda a todos los contratistas, que visiten los proyectos antes de participar en las licitaciones. El contratista debe incluir todos los costos que sean necesarios, sin omitir ninguna actividad, para evitar que sus costos presenten errores y sean los más correctos.

G.1.1 Notas generales

- a. Cada contratista antes de presentar su oferta, tiene la obligación de visitar el sitio y lugar del proyecto, para considerar todos los factores que influyan tanto en los costos, como en la calidad de las obras.
- b. En caso de que existan contradicciones en los planos y especificaciones técnicas, el ingeniero supervisor decidirá tal incongruencia, dejando por escrito en el libro de Bitácora del proyecto, la solución correcta. El contratista debe solicitar por escrito tal decisión antes de empezar cualquier actividad, ya que si ocurre en una obra defectuosa, que castigue la calidad y seguridad estructural y se compruebe mal intención de su parte, será responsabilidad suya demoler y construir sin costo adicional para el dueño.
- c. En vista que se requiere la generación de empleos; no se trata de maltratar las utilidades de los contratistas, por lo que se espera que estos no sacrifiquen la calidad de las obras, ni los ingresos de los obreros, por lo que tanto: Especificaciones técnicas, planos y bitácora tienen el mismo peso, el punto 3 aclara toda contradicción.
- d. Todos los materiales sobrantes (productos como escombros) capaces de ser reutilizados, en otro tipo de obra, no son propiedad del contratista, los que tienen que disponer de estos, son las entidades dueñas de la obra, o sea las entidades que administren la obra una vez concluida. Cabe aclarar que este acápite se refiere sólo a los materiales que fueron quitados de las estructuras existente, no a los materiales nuevos que los contratistas adquieren en el comercio para construir y reparar las infraestructuras.
- e. El contratista no tomará ventaja con cualquier contradicción que hubiere en los planos y en las especificaciones, en este caso el supervisor decidirá la manera más técnica de resolver el caso a favor de la buena ejecución de la obra.

G.1.2 Limitaciones del trabajo

El supervisor hará entrega oficial al contratista del sitio donde se efectuará la obra, motivo del contrato, y lo dejará asentado en el libro de bitácora y a partir de esa fecha empieza a contarse el tiempo calendario de ejecución de la obra. Proveerá el derecho de vía o servidumbre necesario para el trabajo especificado, el contratista no entrará ni ocupará con personal, herramientas o materiales ninguna propiedad privada fuera del derecho de vía sin el consentimiento del propietario.

Se entiende que el derecho de vía aquí referido significa solamente permiso de usar o pasar a través de cierto local o espacios de calles, carreteras o a través de propiedades públicas o privadas, en las cuales el contratista va a llevar a efecto el trabajo.

G.1.3 Documentos de contrato

Forman parte del contrato los siguientes documentos:

- **Planos del proyecto**
- **Especificaciones técnicas:** Contemplan lo indicado en los planos.
- **El libro de bitácora:** Se indicará el registro pormenorizado de las actividades que se ejecutan en el proyecto, indicándose lo relativo a toda actividad que no esté clara en los planos y especificaciones. Así como el registro de visitas de la supervisión cambios o aclaraciones solicitados por el contratista.
- **Las condiciones generales:** Todas la aclaraciones hechas a las preguntas que hacen los contratistas, para presentar su oferta en las licitaciones.

G.1.4 Protección y reemplazo de estructuras

Particularmente se informa al contratista de que pueden existir tubos o estructuras subterráneas y tuberías cruzadas que no figuran en los planos y que la responsabilidad del contratista es proceder con cautela en la ejecución del trabajo a fin de prevenir daños a dichas estructuras o tuberías.

El contratista será responsable por todos los daños que ocasione a todas las tuberías y cables existentes, pavimentos, aceras y estructuras sobre o bajo tierra, sea que estén o no indicadas en los planos del contrato; además deberá por su cuenta asumir los gastos de protección de las mismas o repararlas y/o reemplazarlas si estas son dañadas.

G.1.5 Protección de la propiedad pública y privada

El contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para prevenir daños a las estructuras sobre o bajo la tierra y para proteger y preservar la propiedad dentro y adyacente al trabajo. Todo daño causado a terceros e infraestructuras que sea ocasionado por el contratista cuando efectúa los trabajos correrán por cuenta del él.

Para evitar estos daños, debe prevenirlos con señales adecuadas, si es zanjeo, con señales luminosas (sea con iluminación mecánica o mechones), estas se encenderán cuando no haya personal trabajando, y cuando no haya visibilidad por oscuridad apagándolas cuando inicie los trabajos o cuando sea de día. Además pondrán señales de prevención con rótulos y letreros que indiquen que hay obreros trabajando.

G.1.6 Facilidades para tránsito de vehículos y peatones

Los trabajos se realizarán con el menor interrupción posible del tráfico, antes de empezar los trabajos en las calles el contratista deberá obtener de la Oficina Nacional de Tránsito y del Ministerio del Distrito Nacional el permiso correspondiente para trabajar en las calles y mantener el tráfico abierto a los vehículos. Toda la basura esparcida por los camiones del contratista a su paso sobre los pavimentos existentes o que de cualquier otro manera ha sido depositada sobre los mismos, deberá ser retirada por el contratista cuando en la opinión del ingeniero supervisor la acumulación es suficiente para causar la formación de lodo, polvo, interferencia con el tráfico o para convertirse en un peligro para el tráfico.

El contratista deberá construir y mantener, sin costo adicional puentes adecuados y seguros sobre las excavaciones, en los sitios donde se considere necesario o sea ordenado por el ingeniero, con el propósito de facilitar el tráfico de peatones o vehículos. Todas las estructuras temporales construidas con este propósito deberán ser removidas al terminar el trabajo, a menos que el ingeniero lo especifique de otra manera, y todo daño causado a la propiedad pública o privada deberá ser reparado por el contratista.

G.1.7 Barricadas, avisos preventivos y luces

El contratista deberá proveer y mantener avisos preventivos luminosos y señales de desvío adecuadas en todos los cierres e intersecciones y a lo largo de todos los desvíos, dirigiendo el tráfico alrededor de los tramos cerrados de carretera, de manera que las rutas temporales de desvío estén claramente señaladas a través de toda su longitud. Todas las barricadas deberán estar provistas de luces espaciadas a distancias no mayores de dos metros no debiendo usarse menos de tres (3) luces. En los sitios donde cambien las líneas de tráfico, las barricadas deberán tener luces adicionales que señalen sus extremos finales. Las obstrucciones tales como materiales almacenados, equipo y excavaciones deberán ser señaladas con no menos de dos (2) luces que deberán estar espaciadas a distancias no mayores de 1.5 metros.

Las luces deberán ser visibles a no menos de 150 m en todas las direcciones de tráfico y deberán estar colocadas no menos de 0.60 m por encima de la carretera adyacente abierta al tráfico. Las luces podrán ser de batería o combustible, resistentes al viento y la lluvia, aprobadas por el ingeniero. Todas las luces deberán permanecer encendidas desde media hora antes de la puesta del sol; hasta media hora después de la salida del mismo. Los vigilantes deberán efectuar el patrullaje que sea requerido y deberá reemplazar las luces que hagan falta. Ninguna vía pública podrá ser cerrada sin el consentimiento por escrito de la autoridad competente.

G.1.8 Materiales, equipos y herramientas a suministrar

Todos los materiales y equipos y requeridos para los trabajos comprendidos por este contrato serán suministrados por cuenta del contratista. Así como los equipos y herramientas que se necesiten para la completa ejecución de la obra. Salvo que se indique que material será suministrado por terceros, los que serán puestos en la obra cuando el contratista lo requiera, avisando con 15 días de anticipación, en caso que el material u otro accesorio atrase la obra se le tiene que dar prorroga de tiempo al contratista.

G.1.9 Prioridad del trabajo

El dueño se reserva el derecho de establecer la secuencia o prioridad del trabajo de construcción en los diferentes capítulos contemplados en el presente contrato y el contratista deberá dar prioridad a los requerimientos específicos del dueño, siempre y cuando no atrase la obra en tiempo contra actual al contratista.

G.1.10 Limpieza periódica

A medida que el trabajo progresa, el contratista deberá quitar del lugar de trabajo toda clase de desperdicios y materiales sobrantes a fin de mantener el área limpia y en condiciones originales. En dicha limpieza el contratista dará prioridad a los requerimientos que el supervisor decida. Al hacer la limpieza y haya que botar materiales que desecho estos se tienen que botar en los botaderos municipales, siempre y cuando no queden en la orilla de caminos y carreteras, en este caso el lugar lo decidirá el supervisor tomando el consentimiento de la alcaldía municipal.

G.1.10 Condiciones generales

- **Modo de manejo:** El manejo de los materiales y almacenamiento debe efectuarse en tal forma que les prevenga de toda mancha, daños, deterioros y mezcla con materias extrañas. Los materiales que vengan en sus empaque originales, deben ser guardados en ellos sin abrirlos. Cualquier violación a este respecto podrá causar el rechazo de los materiales.

- **Coordinación:** Si se detectan contradicciones en los documentos se tendrá presente que las especificaciones no son excluyentes con los planos sin que prevalezca uno sobre el otro, debe prevalecer al manera técnica de concluir la obra, en estos casos el supervisor indicará en la bitácora, como debe de construirse la obra, los dibujos a escala mayor prevalecen sobre los dibujos a escala menor y las dimensiones en cifras sobre las dimensiones a escala.

G.2 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

G.2.1 Cementos

El cemento a utilizar será del tipo Portland I, sujeto a las especificaciones ASTM-C-150-92. El uso de Cemento tipo III (cemento de alta resistencia), estará sujeto a la previa autorización del ingeniero.

G.2.2 Agregado fino

Arena natural, o manufacturada, deberá ser dura, limpia y libre de todo material vegetal, mica o detrito de conchas marinas, sujetas a las especificaciones ASTM-C-33-92.

G.2.3 Agregado grueso

Piedra triturada o grava limpia, dura, durable y libre de todo recubrimiento, sujeta a especificaciones ASTM- C33-92. El tamaño más grande permitido del agregado será un quinto (1/5) de la dimensión mínima de la formaleta que cubrirá el elemento de hormigón, o tres cuartos (3/4) del espaciamiento libre mínimo entre varillas de refuerzo, según lo recomendado por el American Concrete Institute en el Reglamento ACI318-95. 3.3.2.

G.2.4 Agua

El agua a emplear en la mezcla de hormigón debe ser limpia, libre de aceite, ácido y de cantidades perjudiciales de material de vegetal y otras impurezas.

G.2.5 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo se sujetará a las siguientes especificaciones: las varillas de acero corrugadas para refuerzo del concreto serán fabricadas y corrugadas según normas A-615-92 de la ASTM, de acero de grado intermedio (intermediate grade billet steel). Las varillas de refuerzos deberán estar limpias, sin trazas de oxidación avanzadas, adherencias de sarro y otros recubrimientos que puedan reducir su adherencia.

G.2.6 Bloques

El material a utilizarse para paredes será: bloque de arcilla de 0.15 x 0.15 x 0.30 m en paredes interiores y exteriores de aulas, dirección y servicios sanitarios, a excepción de las divisiones en los baños donde las paredes serán de ladrillo de arcilla de 10 cm de ancho.

El material a utilizarse en las paredes interiores o exteriores debe ser aprobado por el supervisor, y deberá tener las características siguientes: ser de buena calidad, limpio, compacto, libre de rajaduras y reventaduras, y con una resistencia mínima a la compresión de $f'm = 40 \text{ Kg/cm}^2$. El mortero para pegamento de bloques deberá cumplir con las normas ASTM C-270, tipo M, proporción en volumen 1:3 (cemento-arena)

G.2.7 Piedra cantera

Cortada con sierra y con dimensiones mínimas de 0.15 m. de espesor, extraídas de yacimientos reconocidos por su calidad.

G.2.8 Cal

Extraídas de los yacimientos de San Rafael del Sur o de calidad equivalente, pulverizada, libre de extrañas o impuras, debidamente apagadas. Para garantizar su total hidratación deberá mantenerse en agua, en recipientes adecuados, por espacio mínimo de diez (10) días previos a su utilización.

G.2.9 Acero estructural

El acero estructural deberá cumplir las especificaciones ASTM- A 36 para el formato en caliente y ASTM- A 307 grado B para el formato frío. Los pernos de anclaje con sus tuercas y arandela serán también de calidad aprobada por el supervisor. Si no indica otra calidad, deberá cumplir con la designación ASTM- A-307.

G.2.10 Madera para formaletas

La madera a ser usada en la construcción de formaleta puede ser pino o cualquier otro tipo de madera, siempre que tenga la suficiente consistencia para resistir las cargas a las que estará sometida sin sufrir deformaciones que generen defectos en las obras.

G.2.11 Equipos y accesorios

Todos los equipos y accesorios a ser incorporados en la obra, deben ser de primera calidad, nuevos y en buen estado de funcionamiento.

G.2.12 Material para relleno

El material para relleno debe cumplir con las especificaciones establecidas para tal fin. En caso de no señalarse un banco determinado para la extracción de dicho material, el contratista por su cuenta localizará un banco y realizará las inspecciones para garantizar su calidad. Si se encuentra señalado en los planos. El supervisor podrá ordenar pruebas de compactación para verificar el cumplimiento de lo anterior. Será responsabilidad del contratista la protección de los trabajos de terracería contra daños ocasionados por cualquier causa (inundaciones, tránsitos de vehículos, derrumbes, etc.)

G.2.13 Otras excavaciones

Aquí se incluyen los trabajos de excavación para fundaciones, instalaciones sanitarias, eléctrica y cualquier otra requerida para la terminación de la obra. La excavación se hará a los niveles y dimensiones requeridos para realizar los trabajos posteriores de construcción e inspección de obras. El exceso de los niveles de estas excavaciones deberá ser corregido por el contratista, utilizando concreto pobre en el área de fundaciones, y material selecto compactado debajo del piso, sin que esto represente gasto adicional para el dueño. Igualmente el contratista deberá tomar todas las precauciones y medidas de protección para esto trabajos de excavación, contra inundaciones, derrumbes o tránsito indebido dentro del área.

G.2.14 Relleno

El trabajo consiste en el relleno necesario para alcanzar los niveles proyectados en los planos, inclúyanse aquí el relleno y compactación de todas las excavaciones de zanjas y hoyos para fundaciones, instalaciones eléctricas, sanitarias, etc. necesarias para la completa terminación de la obra. El material de relleno a utilizarse deberá ser material seleccionado y preparado, libre de materia orgánica, desperdicios, piedras, etc., y sometido a la aprobación del supervisor. El material resultante de las excavaciones y cortes en ningún momento podrá ser utilizado para relleno. Las áreas a rellenarse deberán estar limpias y libres de obstáculos y sustancias orgánicas. Las depresiones u hoyos, deberán ser rellenadas previamente con materiales selectos y compactados a una densidad igual al 95% Próctor.

G.3 ESPECIFICACIONES DE OBRAS

Una vez pasada la entrega del sitio del proyecto el contratista será el encargado de la limpieza inicial, trazo y nivelación, construcciones temporales (si las requiere), demoliciones (si las requiere), fabricación de obras de madera (para la ejecución de la obra), instalaciones de servicios temporales (si las requieran) y otros trabajos preliminares. Esta etapa de la construcción es la que da inicio al proyecto, una vez recibido el sitio, dando además apertura al libro de bitácora.

El contratista, antes de iniciar la obra, deberá examinar cuidadosamente todos los trabajos adyacentes, de los cuales depende esta obra, de acuerdo a las intenciones de estas especificaciones informando por escrito al inspector de la obra cualquier condición que evite al contratista realizar un trabajo de primera calidad. No se eximirá al contratista de ninguna responsabilidad por trabajos adyacentes incompletos o defectuosos, a menos que tales hayan sido notificados por el supervisor por escrito y este los haya aceptado antes de que el contratista inicie cualquier parte de la obra.

G.3.1 Limpieza inicial

Este trabajo consistirá en limpiar el terreno con el objetivo de eliminar del área de construcción la capa vegetal (monte, hierba, arbusto, etc.) y desechos de cualquier tipo que puedan obstaculizar el proceso constructivo. Se deberán tomar todas las precauciones necesarias para no causar daños a terceros en la distribución de los desechos provenientes de esta operación. Cuando se proceda a quemar los árboles, raíces, troncos y cualquier otro material que provenga de la limpieza del sitio deberá quemarse bajo la vigilancia del contratista de tal manera que la propiedad o vegetación adyacentes no sean expuestas al peligro, siendo su responsabilidad cualquier daño ocasionado a terceros. Los materiales de desecho que no puedan ser quemados, podrán ser retirados del área del proyecto, deshaciéndose de ellos en lugares alejados del proyecto y fuera de los límites visibles de este, mediante permiso escrito del supervisor o del dueño de la propiedad en la que se depositara dichos desperdicios.

El costo correspondiente deberá ser incluido en el precio de la limpieza inicial. Los materiales que sean flamables como escombros: madera, bolsas y cajas de cartón vacías serán quemadas por el contratista en el botadero municipal. Todos los escombros no flamables como trozos de bloque, tejas, cubiertas de techo serán botados en el botadero municipal o donde el supervisor lo indique, no así los trozos de materiales de asbesto cemento en que será enterrado a una profundidad de 1.20 m previamente quebrado en trozos no mayores de 25 cm de diámetro. En caso que el nivel de aguas sub-superficiales sea menor de 1.2 m de profundidad, el contratista los enterrara en un sitio donde el manto freático sea más profundo de 1.20 m.

G.3.2 Trazo y nivelación

Las líneas bases, puntos topográficos de referencia y los elementos de control necesarios para determinar la indicación y elevación del trabajo en el terreno, están mostrados en los planos o serán suministrados por el ingeniero. El contratista trazara su trabajo partiendo de las líneas bases y bancos de nivel o puntos topográficos de referencia establecidos en el terreno y de las elevaciones indicadas en los planos, siendo responsable por todas las medidas que así tome. El contratista será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos o establecidas por el ingeniero.

El contratista tendrá la responsabilidad de mantener y preservar todas las estacas y otras marcas hasta cuando el ingeniero supervisor lo autorice para removerlas. En caso de negligencia del contratista o de sus empleados que resultare de la destrucción de dichas estacas, antes de su remoción autorizada, el contratista las reemplazara, si así lo exigiere el supervisor.

Los bancos nivel y las niveletas deberán ser cuidadosamente conservados por el contratista hasta la aceptación final del trabajo; si son destruidos o aterrados, su relocalización o construcción será hecha por cuenta del contratista. Cualquier trazado erróneo será corregido por el contratista por su cuenta; en caso de que hayan obras construidas, erróneamente será perdida para el contratista.

En caso que el contratista, encontrase errores en el nivel del punto de referencia, lo indicara por escrito en el libro de bitácora, antes de comenzar cualquier obra; el supervisor contestara de la misma manera indicando el nivel correcto; en caso que el contratista haya incurrido en avances de obras con niveles incorrectos correrá por cuenta de él la corrección de la obra. El contratista para hacer el trazo y nivelación, antes tiene que ver las condiciones del terreno, en este caso tiene que cumplir con las condiciones siguientes:

- a. El terreno será recibido por el contratista en sus condiciones actuales y tomara en cuenta las recomendaciones suministradas por el dueño, sobre estudios geológicos y de suelos, los cuales serán entregados al contratista como parte de los documentos contractuales.
- b. Es obligación del contratista notificar al dueño por medio del supervisor, sobre las condiciones inesperadas o sospechosas que se detectan en el terreno durante el proceso de la construcción.

G.3.3 Movimiento de tierra

G.3.3.1 Corte de banco

Los bancos de préstamo, las áreas de usos varios o de desecho deberían ser escogidos al inicio de la construcción. El contratista debe presentar un plan operativo de explotación que deberá ser aprobado por el contratante.

Las áreas que hayan sufrido remoción de material, deberán ser reconvertidas y sembradas con vegetación autóctona para asegurar buen control de la erosión y mejorar condiciones indeseables o antiestéticas. Si el área del banco esta descapotada, se realiza el cálculo de la cantidad de material a utilizar.

Se cumplirán las siguientes normas: el contratista proveerá espacio adecuado para permitir la conservación de cualquier pantalla vegetal o permitir su instalación; los bancos de préstamo, áreas de usos varios o de desecho que queden expuestos, deberán ser conformados y fertilizados para que crezca vegetación; no se debe colocar tierra indiscriminadamente alrededor de los árboles ya que puede dañarlos o secarlos durante la vigencia del contrato o después de la aceptación del trabajo por parte del contratante; el material sobrante debe ser colocado en las áreas de desechos aprobadas por el Ingeniero en forma que no interfiera con el drenaje superficial; a todos los bancos de préstamo, áreas de usos varios o de desechos, se les construirán drenajes adecuados para que durante su explotación y al concluirla, se evite la acumulación de agua que puede estancarse formando charcos de agua que malogren el crecimiento de las plantas.

Cuando su uso sea aprobado, el material de cauces de ríos y quebradas podrá ser extraído manteniendo la pendiente natural del cauce y asegurando sus bordes contra el deslizamiento. No se permitirá la extracción de materiales con las máquinas dentro del curso de agua de los ríos. El contratista deberá botar o acumular los materiales sobrantes únicamente en los sitios aprobados por el Ingeniero, cuidando de no alterar aguas superficiales o afectar de alguna manera los cultivos en los terrenos aledaños o alterar el paisaje del lugar.

G.3.3.2 Acarreo de materiales

Este trabajo consistirá en el acarreo del material selecto, y al acarreo del material sobrante de las excavaciones o cortes de suelos, que hay que eliminar del área de la construcción. Para la carga y el acarreo; se selecciona el material extrayendo de éste toda clase de materia orgánica y sobre tamaño.

Es importante tomar en cuenta la capacidad del equipo que realizara el acarreo para aprovechar su máxima eficiencia y cumplir con los volúmenes requeridos. La distancia libre de acarreo para este proyecto será de 3.00 km. En caso de existir distancias mayores de acarreo los costos deberán ser calculados a través de prorrateo ya que ninguno de los casos se pagará sobre acarreo. El avance de esta actividad al igual que la forma de pago se mide en m³.

G.3.3.3 Corte y/o excavación

El contratista deberá evitar la inundación de las excavaciones, procurando mantener los niveles del suelo con las pendientes adecuadas. Cualquier acumulación de agua que se presente deberá ser removida al costo que el contratista quien tomara las precauciones necesarias y usara el equipo adecuado para evitar derrumbes, hundimientos y soterramientos del predio y la construcción existente.

Después de haberse, terminado los cortes o la excavación y antes de comenzar cualquier otro trabajo, la excavación debe ser inspeccionada por el supervisor. Cualquier exceso de material proveniente del corte o la excavación y que no se necesite o no será conveniente para relleno, será sacado del predio. Las excavaciones se harán hasta los niveles y dimensiones indicadas en los planos; deberán mantenerse libres de agua en todo momento. El fondo de la excavación deberá quedar a nivel y libre de material suelto. Las superficies de roca que sirvan de base deberán quedar a nivel.

G.3.3.4 Relleno y compactación

El contratista deberá evitar la inundación de los sitios a rellenar con materiales de préstamo, procurando mantener los niveles del suelo y las pendientes adecuadas. Cualquier acumulación de agua que se presente deberá ser removida al coste de le contratista quien tomará las precauciones necesarias y usará el equipo adecuado para evitar derrumbes, hundimientos y soterramientos del predio. Los rellenos se harán hasta los niveles y las dimensiones especificadas en los planos. El fondo de los rellenos deberá quedar a nivel y libre de material suelto. El material aprobado deberá estar libre de toda materia vegetal u orgánica, de desperdicios, de pedazos de madera, etc. Se podrá usar el material producto de las excavaciones, siempre y cuando no sea arcilloso. El índice de plasticidad no será mayor a 6.

1. **De manera manual:** Se hará en capas de 10 cm, dando golpes con pizones que pesen no menos de 50 libras y dando no menos de 25 golpes de manera uniforme en toda el área que se requiere rellenar; cada capa será humedecida antes de golpearla con el pizón hasta una humedad optima, siempre teniendo en cuenta que no se le debe de dar ningún golpe a los tubos de PVC.
2. **De manera mecánica:** Se hará en capas de 15 cm dando no menos de cinco pasadas o las que recomiende el fabricante de equipo de compactación, después de darle la humedad óptima. El equipo usado por el contratista, no tiene ninguna restricción siempre y cuando los rellenos cumplan con la compactación requerida del 100 % Próctor estándar. El supervisor hará pruebas de compactación, en los lugares que estime conveniente y sean de densidad dudosa.

Se permitirá rellenar con material de corte del proyecto, siempre que esté libre de arcilla y cumpla con los requisitos de los materiales de banco, o que sea aprobado por el supervisor y registrado en bitácora. Una vez concluido los rellenos, deben quedar las terrazas debidamente compactadas con los niveles indicados en los planos, en caso que no estuvieran indicados estos niveles en los planos las terrazas deben quedar a 5 cm por encima del nivel del terreno natural; en caso que el terreno sea plano, si el terreno no es plano, el nivel de la terraza debe quedar a 5 cm por encima del nivel mayor del terreno donde ira la construcción.

Para empezar la construcción el contratista debe tener la aprobación del supervisor. Cuando no existe nivel de referencia el contratista debe ponerlo hasta que la obra concluya y con la aprobación del supervisor. Se le dará especial atención a la compactación de los taludes de los rellenos. Para garantizar la compactación de los taludes, el equipo de compactación deberá llegar al final de capa que limita al borde del talud, debiéndose tener el cuidado de ir perfilando el talud con las capas subsiguientes debidamente compactadas. A fin de verificar la compactación de los rellenos, la supervisión efectuara pruebas de compactación en cada capa terminada o bien en capas alternas del mismo.

Quedará a juicio de la supervisión escoger el número de pruebas a efectuar así como las capas de relleno que deberán ser controladas. Se deberá elaborar de común acuerdo con el contratista el programa de compactación y control de la misma a fin de evitar atrasos por la demora de la ejecución y obtención de datos de las pruebas. De no obtenerse el grado de compactación especificado, la supervisión ordenara la escarificación y procedimiento de la capa afectada. El contratista será responsable por la perfecta estabilidad del relleno y reparara por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte. El costo del transporte del material de relleno, debe correr por cuenta del contratista.

G.3.3.5 Botar tierra sobrante de excavación

Esta sub-etapa se refiere a la tierra remanente que queda o que sobra de las excavaciones hechas en las construcciones, toda esa tierra deber ser botada por el contratista con la finalidad de dejar el sito de trabajo limpio sin residuos de tierra que den mal aspecto a la obra concluida, esta tierra debe botarse a una distancia que la supervisión apruebe, sin que afecte a terceras personas.

G.4 OBRAS SANITARIAS

G.4.1 Tuberías

En esta división se incluyen todos los trabajos de instalaciones de agua residuales, los que serán ejecutados de acuerdo a los planos, siguiendo las instrucciones de los fabricantes de los equipos, materiales y accesorios utilizados. En este proyecto en particular, estas instalaciones consistirán únicamente en la instalación de tuberías de diámetro de 6". Se deberán instalar tuberías y accesorios fabricados bajo las normas y estándares comerciales C-256-71, correspondientes a las clases de tuberías designadas por SDR-13.5, SDR-17, SDR-26 hasta SDR-41, que utilizan en su fabricación cloruro de polivinilo, según la norma A.S.T.M.-2241-73 y diseñadas para una presión de 450,350, 160 y 100 libras por pulgada cuadrada respectivamente. El Tipo de tubería a utilizar en la obra es SDR 41.

Las uniones entre el acoplamiento y las tuberías, deberán hacerse mediante soldaduras de solventes segmentados, los que deberán ser suministrados con la tubería. El pegamento a ser suministrado tiene que cumplir con la norma D-2564, la cual rige las especificaciones para el cemento solvente, siendo una solución de P.V.C. clase 12454-B. Entre tuberías, las juntas serán libres con 0.01 m de separación entre las mismas, si el caso fuese de zanjas de infiltración.

Si se fuesen a utilizar accesorios en este proyecto, éstos serán de P.V.C. cédula 40, los que deberán contener un diámetro interno que se ajuste perfectamente al diámetro exterior de la tubería P.V.C. Las uniones entre el accesorio y la tubería deberán hacerse con la misma soldadura especificada para unir las tuberías de cloruro de polivinilo. Los accesorios de la tubería P.V.C. deberán cumplir con las normas A.S.T.M.-2466-69.

G.4.1.1 Requerimientos generales de instalación

El transporte y manejo de los tubos, se hará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, para evitar posibles fracturas y deformaciones. Todo tubo y accesorio antes de incorporarse a la obra deberá ser inspeccionado cuidadosamente con el fin de detectar defectos o rajaduras y evitar que tubos dañados sean utilizados en la obra.

G.4.1.2 Excavación

La excavación se hará de acuerdo con los anchos, profundidad, elevaciones, nivelaciones y alineaciones indicadas en los planos de detalles. El fondo de las zanjas será excavado a mano, de tal forma que se obtenga apoyo uniforme y continuo en la generatriz inferior de los tubos.

El ancho de las zanjas será del diámetro nominal de la tubería más 0.45 m como máximo y 0.30 m como mínimo. La cubierta sobre la corona del tubo que se instalará hasta alcanzar la profundidad indicada en los planos y ordenada por el inspector. En el área de circulación peatonal y las áreas verdes, la profundidad de instalación de la tubería será de 0.45 m como mínimo.

El fondo de la zanja será de material estable y cuando se encuentre material inestable, basura o materiales orgánicos que en opinión del inspector deberán ser removidos, se excavará y removerá dicho material hasta la profundidad que el inspector ordene. El contratista no permitirá la entrada de agua a las excavaciones y procurará mantener los niveles del suelo con pendientes apropiadas evitando inundaciones.

Cualquier agua que se acumule en las excavaciones, debe ser removida de ellas a costo del contratista. Después de haberse terminado la excavación y antes de comenzar cualquier trabajo de instalación de tubería, fundación u otro, la excavación debe ser inspeccionada por el inspector.

El contratista tomará todas las precauciones necesarias y hará uso del equipo apropiado para evitar derrumbes, hundimientos y soterramientos en los predios, construcción de tanques sépticos, filtros anaeróbicos, pozos de absorción, etc. Si el fondo de la zanja o cualquier otra excavación se vuelve inestable debido al descuido del contratista en drenarla y desaguarla, se requerirá al contratista remover el material inestable y rellenar las zanjas y/o excavaciones a su propia rasante o nivel, con una mezcla de tierra y grava compactada. No se reconocerá por ello pago adicional para el contratista.

Si por error se llevara la excavación más abajo de las líneas exactas del fondo de las zanjas y de los pisos de concreto sobre tierra, el contratista rellenará el exceso de excavación con concreto debajo de paredes y cimiento y con material selecto hasta la sub-rasante del lecho del tubo con capas de 15 cm de espesor medidos desde el fondo de la zanja. Cualquier exceso de material proveniente de las excavaciones y que no necesite y no sea conveniente para relleno, será removido del lugar por cuenta del contratista. La longitud de zanja que se permitirá excavar delante de la tubería será sujeto a la aprobación del inspector generalmente no deberá exceder 100 m.

G.4.1.3 Relleno

Posteriormente a la colocación de los tubos, se rellenará y compactará de forma manual a ambos lados de la tubería, hasta un nivel de 30 cm de espesor, con apisonadores mecánicos. El material a usarse en el relleno deberá ser aprobado por el supervisor de acuerdo con los planos y estas especificaciones. Deberá estar libre de todo material vegetal u orgánico, desperdicios, pedazos de maderas o sustancias deletéreas; toda piedra de más de 20 cm será excluida del relleno. Para relleno se podrá usar el material producto de las excavaciones cuando sea adecuado para tal uso.

La humedad del material de relleno deberá estar cercana a la humedad óptima de compactación del material de relleno, y deberá ser no menor del 90% del peso volumétrico seco máximo fijado por la prueba de la O.-T-99, método C. El trabajo para el relleno requiere la preparación y selección de materiales, formación, compactación y estabilización del relleno y disponer de los materiales innecesarios y sobrantes. Los rellenos deben efectuarse hasta suficiente altura para que después de los asentamientos, éstos queden de acuerdo con las elevaciones indicadas en los planos. Los desniveles deben quedar parejos.

Las áreas para relleno deberán limpiarse de toda impureza. Las depresiones u hoyos bajo el nivel del suelo deberán ser llenadas con material selecto y la superficie natural del terreno compactado a una densidad mínima del 90% Próctor standard. Antes de efectuar el relleno, la superficie del suelo debe ser escarificada y finalmente quebrada para permitir una buena mezcla del viejo material con el nuevo material. El material de relleno debe ser depositado con capas uniformes de no más de 0.20 m de profundidad por toda el área y debidamente compactado y mantenida al mismo nivel toda el área.

Capas sucesivas deberán ser debidamente compactadas distribuyendo el material de relleno en toda la superficie. Cada capa deberá ser colocada controlando su contenido de humedad hasta alcanzar una densidad equivalente al 95% Próctor standard.

Ningún material deberá colocarse demasiado húmedo para poder compactarlo debidamente. El contratista será responsable por la perfecta estabilidad del relleno y reparo por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte. El material apropiado para el relleno deberá colocarse a lo largo de la zanja y si es necesario el contratista deberá acarrear material de otro sitio para reemplazar esos materiales que el inspector no considere apropiados para el relleno. Inmediatamente después de terminar el relleno, los materiales sobrantes o no apropiados para el relleno deberá moverse del sitio de la obra y ser acarreado a un lugar aprobado por el inspector y que no cause molestia alguna dentro del proyecto.

El lecho de las tuberías será clase B, que consistirá en asentar la tubería hasta la profundidad recomendada por las instrucciones del Ingeniero Supervisor. El espesor mínimo de material de lecho debajo del tubo, el drenaje de las zanjas, el material de relleno, las cargas durante la obra, las cargas de diseño, las condiciones de vacío y la secuencia de instalación, serán las recomendadas por el fabricante o autorizadas por el Ingeniero Supervisor. La capa de material de lecho será compactada y conformada de tal modo que se amolde a la pared exterior de la tubería, su espesor mínimo será de $0.10D$, y luego se colocará más material, de este nivel hasta $1/4$ del diámetro. Cuando se emplee tubería del tipo de espiga y campana, el lecho deberá construirse con depresiones que acomoden la campana.

G.4.1.4 Procedimiento de instalación

Los tubos se instalarán de conformidad con la alineación y profundidad aquí estipulados e indicados en los planos o indicados por el supervisor, quien podrá ordenar cambios de alineación y nivel cuando lo considere necesario. La instalación de la tubería se efectuará con herramientas y equipos apropiados para este fin. Para la unión de los tubos se seguirá las indicaciones de los fabricantes. Antes de bajar el tubo a la zanja este deberá ser limpiado cuidadosamente sus extremos para evitar suciedades, obstrucciones y contaminaciones de la tierra, arena, aceite, polvo, limo, humos, etc., antes de aplicar la soldadura. Tan pronto como sea bajada la tubería al fondo de la zanja, el contratista procederá a alinearlas con la debida pendiente o rasante y a instalar las juntas correspondientes.

El tendido se hará colocando la tubería en el fondo de la zanja, de tal manera que ésta apoye en toda la longitud de su cuerpo. Para ello, el fondo de la zanja será excavado a mano usando un azadón de forma curva u otro método, de modo que se obtenga un apoyo uniforme y continuo para el cuadrante inferior del tubo. Las tuberías se manejarán e instalarán evitando cualquier tendencia a flexionar o doblar la tubería.

Al proceder a la instalación, se evitará la entrada de cualquier sustancia o agua de la zanja a los tubos, igualmente se evitará que se ensucie algunas de las partes interiores de las juntas. Al interrumpir el trabajo y al finalizar una jornada de trabajo, deberán taparse los extremos abiertos de las tuberías, cuya instalación no esté terminada, de manera que no pueda entrar al interior de la misma, tierra, basura, agua, cualquier otro material o animal. Los extremos abiertos de toda tubería se protegerán con tapones provisionales de P.V.C., madera y/o metal.

El contratista utilizará bombas y todo equipo necesario para remover el agua de las zanjas y otras excavaciones. Se requiere que toda zanja permanezca seca, y no se permitirá que algún tubo o estructura sea colocado en una zanja con agua. El contratista deberá disponer el agua en tal forma que no ocasione daño a la propiedad o inconveniencia al público.

G.4.1.5 Protección de obras no terminadas

Antes de dejar el trabajo al final del día o por paro debido a lluvias u otras circunstancias, se tendrá especial cuidado en proteger y cerrar con seguridad las aberturas y terminales de las tuberías que no han sido terminadas. Toda tierra o material que entre en las tuberías a través de tales aberturas o terminales de los tubos deberá ser removido por cuenta del contratista. Una vez que las tuberías sean colocadas el supervisor procederá a comprobar la alineación de la tubería por medio de una lámpara de mano. En caso de encontrarse un tubo mal colocado o fisurado, el contratista procederá de inmediato a corregir tal falla, corriendo los gastos por su cuenta. Si se encontrara todo correcto se continuará con el relleno cuando el supervisor lo haya aprobado.

G.4.2 Pozos de visita

Comprende el suministro de todos los materiales, herramientas, equipos y mano de obra necesarios para el trabajo, incluyendo los pozos de caída que sean incluidos dentro de los planos o que ordene el ingeniero de acuerdo con los planos de detalles y lo aquí especificado, incluyendo encofrado y arriostramiento, remoción de agua, protección de estructuras existentes, disposición del material sobrante, mampostería, caídas en los pozos de visita y peldaños. La excavación será de dimensiones amplias para permitir su fácil construcción, el relleno deberá ser compactado en capas de 15 cm y colocado cuidadosamente para no dañar la mampostería. En cuanto a los ladrillos de barro deberán ser trapezoidales, sólidos, bien cocidos, libres de quemadura, rajaduras y perfectamente acabados, Los demás materiales estarán referidos a la sección.G.2 de estas especificaciones.

Los pozos de visita no deberán construirse hasta que las tuberías y estructuras que pasen por las intersecciones de las calles hayan sido descubiertas por el contratista y hasta que las rasantes de los tubos que lleguen a los pozos estén definidas.

Si el contratista no descubre y verifica los niveles de las tuberías y otras estructuras existentes y falla en notificar al Ingeniero de las obstrucciones que se encuentran dentro de la tubería y pozos de visita a instalarse, entonces todo cambio necesario para dejar los pozos de visita a los profundices indicadas por el Ingeniero correrá por cuenta y riesgo del contratista.

Los elementos de construcción de los pozos son:

- Una plancha de hormigón de 8" con agregado máximo de 2". Encima de la base se deberán construir de hormigón los canales de entrada y salida en forma de U, y la superficie deberá ser acabado fino.
- Sobre esta base de hormigón se construirá el brocal del pozo de 1.20 m de diámetro interno; este trabajo se hará colocando ladrillo de barro en trinchera. El ladrillo usado estará limpio y completamente mojado antes de ser pegado. Las uniones entre ladrillos no deberán ser menores de 1 cm. Se dejarán peldaños de hierro dulce galvanizado de $\frac{3}{4}$ " tal como se detalla en los planos. Las paredes de ladrillo serán repellados con mortero de 1 cm de espesor en su parte interior. A profundidades mayores de 3.70 m, se requerirá usar hilera doble de ladrillo para dar resistencia adicional a la estructura.
- Se colocará un cono de ladrillo de acuerdo con las líneas según planos. Se repellará en igual forma que las paredes toda la parte interior de este cono.
- Se cubrirán todos los pozos de visita con aros y tapas de hierro fundido tal como se detalla en los planos.
- Conexión de pozos de visita existentes a pozos de visita nuevos: En los sitios indicados en los planos, los pozos de visita existentes deberán ser conectados a los pozos de visita nuevos instalando alcantarillas nuevas con las pendientes y elevaciones de fondo mostradas en los planos. En algunos sitios la media caña del fondo de los pozos de visita existentes tendrá que ser modificada y se deberá construir una pared de ladrillo para cambiar la dirección de la corriente de aguas negras, tal como se ha indicado en los planos. El costo de la instalación nueva deberá ser incluido dentro de los costos.
- Conexión de tuberías a pozos existentes: El contratista deberá hacer las conexiones de la tubería nueva a los pozos de visita existente donde muestren los planos o lo indique el Ingeniero. Las uniones a los pozos y sus medias cañas deberán ser hechas de acuerdo con los planos y como lo apruebe el Ingeniero. No se hará el pago separado por las uniones y medias cañas y el costo unitario cotizado para instalación de tuberías.

G.4.3 Prueba de exfiltración

Se deberán hacer pruebas hidrostáticas de secciones de tuberías entre pozos de visita cuando las uniones se hayan solidificado y de la siguiente manera: el pozo de visita se deberá tapar y la sección de tubería a evaluarse deberá llenarse con agua dejando la tubería humedecerse por un período de 4 horas.

Después se rellenará con agua dejando el nivel en el pozo de visita superior a una altura que produzca una carga hidrostática de 1.20 m encima del invert del tubo, en el punto equidistante de los pozos. Después de 4 horas se medirá la cantidad de agua exfiltrada; la cantidad de agua no deberá exceder 48 litros/hora/100m para 6" de diámetro

En caso que se produzcan cargas hidrostáticas mayores de 1.20 m la pérdida de agua permitida se aumentará proporcionalmente al exceso de la carga producida. Si la cantidad de agua exfiltrada en una sección determinada sobrepasa la cantidad estipulada y en todo caso si encuentran filtraciones o goteras de regular cantidad, el contratista deberá excavar y descubrir dichas secciones de tuberías o pozos de visita y deberá reparar o construir dichas secciones por su cuenta.

El contratista deberá seguir haciendo las reparaciones hasta que toda la tubería y accesorios llenen los requisitos de humedad indicados anteriormente. El contratista deberá proveer todo material, equipo, mano de obra y aparatos necesarios para probar las tuberías.

G.4.4 Restauración de adoquín

El contratista proveerá todo material, mano de obra, herramientas y equipos necesarios para restaurar a su condición original los pavimentos acera y cunetas que sean removidos durante la instalación de tubería. Todo trabajo se efectuará con lo aquí estipulado e indicado en los planos. Un laboratorio designado por el Ingeniero hará las pruebas de granulometría de los materiales que serán usados en la restauración del pavimento.

G.5 HUMEDALES Y OBRAS CONEXAS

G.5.1 Preliminares

G.5.1.1 Replanteo y nivelación

- **Trabajo comprendido**

Este inciso cubre todo lo relacionado con el replanteo de estructuras, verificación de referencias topográficas dejadas en el sitio durante la fase de estudios y elaboración de nuevas referencias, en caso de que se requieran.

▪ Ejecución de los trabajos

El contratista, partiendo de los BM mostrados en planos, replanteará las referencias de campo necesarias para las obras a construirse. Antes del inicio de los trabajos el contratista verificará la localización de los BM y BTM y comprobará coordenadas y niveles, quedando el cuidado y conservación de los mismos bajo su responsabilidad. Si se prevé que durante la construcción de las obras, algunos puntos de referencia (PR), a los cuales están referenciados los puntos de intersección (PI), serán destruidos, el contratista, deberá antes de iniciar los trabajos, ubicar nuevos puntos de referencia (PR) que sirvan de referencia para la construcción de las obras. En caso de necesidad, el contratista establecerá mojones o BM secundarios de referencia, comúnmente conocidos como TBM, los cuales podrán servir para mediciones de partidas ejecutadas.

Estos mojones serán contruidos de hormigón simple en forma de pirámide truncada, con la base menor hacia arriba, de 50 cm de altura y bases de 30 x 30 cm la mayor y de 15 x 15 cm la menor, con un clavo de bronce o zinc de 30 cm de largo empotrado en el centro de la base menor que irá hacia arriba, sobresaliendo 10 cm del suelo natural. Los puntos de detalles del replanteo se marcarán enterrando estacas de madera dura, de longitud variable, que sobresalgan al menos 15 cm del nivel de terreno natural y pintadas con pinturas de aceite con colores vivos.

G.5.1.2 Limpieza y desembrozo

▪ Alcance de los trabajos

Este inciso cubre todo lo relacionado con la limpieza inicial, remoción, desalojo y disposición de los materiales producto de estas actividades, para las cuales, el contratista deberá suministrar los equipos necesarios y la mano de obra requerida para tal fin. Este rubro no incluye la remoción de la capa vegetal, ya que en este caso, no se harán excavaciones estructurales, y esta se extraerá de una sola vez junto con la excavación.

▪ Trabajo comprendido

Este trabajo comprende la eliminación de los árboles que obligatoriamente tendrán que eliminarse, así como arbustos, troncos, matorrales, cercas vivas, hojarasca, etc., con el fin de facilitar los trabajos a realizar, especialmente para el replanteo, la nivelación y la circulación del personal que trabaja en las obras.

▪ Ejecución de los trabajos

Se deberá efectuar de una sola vez los trabajos de limpieza y desbrozo en toda el área de ejecución de las obras, antes de proceder con el movimiento de tierra.

Los equipos y procedimientos a utilizar para estas labores serán aprobados por el ingeniero, por lo que el contratista deberá presentar con anticipación el programa de trabajo con la descripción de la metodología y equipos a emplear.

- **Disposición de los materiales**

Los materiales provenientes de los trabajos de limpieza y desbrozo, serán dispuestos por el contratista en un sitio aprobado por el ingeniero. Se recomienda que el sitio esté cercano a la obra, para ello, se deberá pedir autorización a las entidades correspondientes y presentar al ingeniero, dicha autorización, de no poder utilizar el sitio recomendado, el contratista deberá proponer a el ingeniero uno nuevo para su aprobación. Se permitirá la quema de estos desechos, una vez que están depositados en el sitio antes mencionado, sin embargo, el contratista deberá realizar esta operación tomando todas las medidas de seguridad y control para este tipo de actividad. El contratista será el único responsable por daños y perjuicios que se pudiera causar a terceros, y responderá ante las demandas de los perjudicados.

G.5.2 Movimiento de tierra para los biofiltros

G.5.2.1 Excavación normal y adicional

- **Trabajo comprendido**

El trabajo comprendido en esta sección, incluye el suministro de mano de obra, equipos y materiales necesarios para la ejecución de la excavación y sub-excavación para la conformación del fondo y taludes de los biofiltros, de acuerdo a lo indicado en los planos, o lo que ordene el ingeniero y a lo que aquí se especifica.

- ☐ **Excavación normal**

En este caso, llamaremos excavación, a todos aquellos trabajos que comprendan la extracción de materiales hasta llegar al nivel de rasante del fondo de los biofiltros, indicado en los planos, independientemente de la profundidad de los mismos. Según los estudios geotécnicos, la excavación en toda su profundidad y extensión será de tipo normal, pues no hay presencia de materiales como cascajo, cantera o roca., por lo que se entenderá como excavación normal.

Para dichos trabajos se podrá utilizar equipo mecánico debido a las dimensiones del área a trabajar. El Contratista deberá notificar por lo menos con ocho (8) días de anticipación el inicio de la excavación para que se puedan determinar las secciones transversales, los límites de los trabajos y replantear las dimensiones en el terreno intacto.

- **Excavación adicional**

La sub-excavación se refiere al corte y desalojo del material debajo de la rasante del fondo de los biofiltros, con el propósito de remover el material inestable o permeable y reponerlo con material seleccionado y aprobado por el ingeniero y en estas especificaciones. La profundidad de ésta sub-excavación para la remoción de material inestable, nunca será menor de 0.30 metros y en ningún caso mayor de 0.50 metros, a menos que en los planos se indique lo contrario. En este caso también la sub-excavación será en tierra normal. También se podrá permitir el uso de equipos para realizar estos trabajos, con la debida aprobación del ingeniero.

- **Disposición final de los materiales**

El material de la excavación y sub-excavación que a criterio del ingeniero no es aprovechable para el mejoramiento del fondo mismo de los humedales, será desalojado y transportado a una distancia cercana que será escogida por el ingeniero, preferiblemente no mayor de 0.5 km., para ser utilizado en el relleno o mejoramiento del camino de acceso a los biofiltros o nivelación y mejoramiento del área de maniobras dentro del predio de humedales.

G.5.2.2 Relleno, compactación y mejoramiento del fondo de humedales, taludes y terraplenes

- **Suelo de los humedales**

Debido a que el material del área donde se propone construir los biofiltros y fosas sépticas, en su estado natural reúne las características de estabilidad e impermeabilidad según los estudios geotécnicos, se compactará de acuerdo a lo indicado en estas especificaciones.

- **Diques y terraplenes internos y externos**

El término “terraplén” en la ingeniería de puertos, se utiliza para designar la obra que sirve de protección y sostenimiento de los diques y “dique”, se le denomina a la estructura que resguarda del embate de las olas todas las obras en tierra firme. En el caso de la construcción de los biofiltros y fosas sépticas, se conoce como diques, a la obra que protegen y confinan el agua dentro de los biofiltros y terraplenes a todos los rellenos adicionales en la cara exterior de los diques.

El relleno y compactación se deberá realizar bajo los alineamientos y especificaciones respectivas indicadas en el capítulo: Relleno y Compactación, de estas mismas especificaciones.

G.5.3 Cerco y portón para predio de humedales y fosas sépticas

G.5.3.1 Trabajo comprendido

El presente rubro comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos necesarios, para la construcción de un cerco de alambres de púas y un portón de malla ciclón para la protección y control de las obras de tratamiento (biofiltros y fosas sépticas).

G.5.3.2 Descripción

El cerco del predio de los humedales y fosas sépticas, será de alambre de púas de 2.40 m de altura sobre el terreno natural, con cinco (5) hileras de alambre de púas Nº 12. En la entrada principal del predio, se construirá un (1) portón de una puerta, de tubos galvanizados y malla ciclón, de 4.0 metros de ancho y 2.40 metros de alto.

G.5.3.3 Materiales

El material a utilizar para los parales de la cerca y el marco de la puerta del portón serán tubos de hierro galvanizado de 1½" y los parales del portón serán de 4" de diámetro, siempre de hierro galvanizado. El alambre de púas deberá ser Tipo Galvanizado, Calibre Nº 13 y cumplir con la Norma A.S.T.M. A-641-71 y A-121-71. La presentación de los alambres será en rollos de 100 libras, con una longitud por rollo de 1,267 metros. La resistencia deberá ser extra duro (53-84 kg/mm²).

Todas las varillas de acero (1/2", 3/4", 1/4", 3/8") utilizadas para la construcción del cerco deberán ser semejantes, al acero de refuerzo Grado-40 y cumplir con los requisitos de ACI-318 y A.S.T.M. A-615, A-305. El concreto utilizado para los dados donde se empotrarán los parales de la cerca, deberá tener una resistencia de 3,000 lbs/plg², en general, deberá seguir las especificaciones citadas en el Capítulo de "Concreto" de estas especificaciones.

G.5.3.4 Instalación

Cada paral del cerco deberá ir colocado a cada 2.50 m uno del otro. Estos parales se empotrarán 0.60 m. Los parales del cerco y portón, se deberán instalar a plomo, guardando un ángulo recto respecto al terreno. No se aceptará la más mínima desviación vertical de éstos, de ser así, el contratista deberá rectificar dicho error, sin ningún costo adicional por ello. La estructura de los portones será de tubo galvanizado de 4" de diámetro; la malla deberá fijarse a la estructura mediante varillas de hierro galvanizado de 1/4", soldadas al tubo. Los portones se apoyarán en una base de concreto simple de dimensiones especificadas en los planos. En general, se deberán seguir las indicaciones constructivas indicadas en los planos y las especificaciones de soldadura indicadas en este texto.

G.5.4 Estructuras hidráulicas y de tratamiento preliminar

G.5.4.1 Trabajo comprendido

Este inciso comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos necesarios para la construcción de todas aquellas estructuras como canal de distribución, compuertas, desarenador, cajas de salida, rejas, etc.

G.5.4.2 Excavación estructural

El contratista realizará todos los cortes necesarios que se indiquen en los planos o que el ingeniero indique, para llevar a cabo la ejecución de las obras de acuerdo a los alineamientos, elevaciones, niveles y secciones que muestren los planos, así como su ubicación. Antes de las labores de excavación, se deberá realizar la limpieza y desbroce del área de trabajo, siguiendo las recomendaciones referentes a este tipo de trabajo especificadas en este mismo capítulo.

En caso de excavar hasta los niveles indicados en los planos, se encontrasen materiales inestables, deberán excavar adicionalmente 0.20 m, los cuales se repondrán con material selecto el que deberá compactarse a una densidad del 95% Próctor. El material sobre el cual se va a asentar la obra, deberá ser el especificado en los planos constructivos de cada obra. El contratista deberá retirar el material existente y reponerlo con material indicado en los planos y en estas mismas especificaciones o aprobado por el ingeniero. El contratista podrá utilizar equipos para la excavación de zanjas y otras estructuras, siempre y cuando El ingeniero apruebe dicha metodología, sin embargo, los últimos 10 cm de excavación antes de alcanzar el nivel de la rasante, deberán ser excavados siempre a mano, con el fin de no aflojar o remover el fondo de la excavación.

Todas las excavaciones deberán ser realizadas en seco, en caso de presencia de agua en las excavaciones, El contratista deberá proceder de acuerdo al capítulo Excavación, acápite “Baldeo y Remoción de Aguas” de estas mismas especificaciones. En general, deberán seguirse todas las especificaciones indicadas en este texto, en lo que se refiere a excavación, remoción de materiales inestables del fondo de la excavación, baldeo y remoción de aguas, etc.

G.5.4.3 Relleno

En caso que se remueva material por debajo de los niveles de fondo de las estructuras, por encontrarse material inestable, los rellenos tanto debajo de la plantilla como el que será necesario para forjar los taludes, tendrá que hacerse en capas de 0.10 metros como máximo, y compactarse al 95% Próctor. Los taludes de los canales deberán ser conformados a mano. En caso de que el material proveniente de la excavación sea considerado apropiado por el ingeniero, este podrá ser utilizado para los rellenos.

De preferencia, la conformación lateral deberá ejecutarse en forma tal, que la sección definitiva de las diversas estructuras se pueda formar por cortes del suelo natural y no por relleno adicional. En general, deberán seguirse todas las recomendaciones indicadas en estas especificaciones técnicas, en lo que se refiere a relleno y compactación.

G.5.4.4 Materiales

Todos los materiales para la fabricación del concreto simple, reforzado o ciclópeo (cemento, agregados, piedra bolón, agua, cal, etc.) y los concretos mismos, deberán cumplir con los criterios, normas y procedimientos indicados en estas mismas especificaciones. Lo mismo para el acero estructural y las láminas de acero.

G.5.4.5 Otras estructuras

Todas las estructuras mencionadas, serán construidas conforme los niveles, acotaciones y ubicaciones indicadas en los planos, utilizando los materiales indicados en los mismos, cuya calidad está especificada en el inciso “Especificaciones de Materiales”.

G.6 LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL

En caso que en el proyecto se obtengan defectos a juicio del supervisor, estos deben estar subsanados y después de haber cumplido con las especificaciones técnicas; se tiene que firmar un acta de recepción final tanto en el libro de bitácora, en original y tres copias, donde se da fe del final de la obra concluida técnicamente bien. Todos los desechos y escombros ya sean de: materiales de excavación, escombros de las reparaciones, así como toda la basura de los envases de los materiales, como cajas, bolsas y toda la hierba que crece en el periodo de la construcción a consecuencia de las lluvias, deberán ser cortada y trasladada a los botaderos municipales, en caso de no existir estos, estos desechos serán botados donde la Alcaldía lo designe o el supervisor siempre y cuando no cree perjuicios a terceras personas, el contratista deberá quemar todo material flamable, siempre y cuando no afecte el medio ambiente

En caso de las reparaciones donde formen parte de los escombros que haya que botar; materiales de asbesto cemento, estos se tiene que fracturar en pedazos cuadrados de 10 cm de lado, serán enterrados en un hoyo de 2 m de profundidad en el lugar que indique el supervisor, siempre que el manto freático este a más de 4 m de profundidad, en caso contrario lo debe enterrar en lugar completamente alejado del sitio del proyecto donde no perjudique el medio ambiente. Los materiales que puedan reutilizarse y sean parte de los escombros, estos son propiedad de la Alcaldía. Los materiales flamables deberán ser quemados por el contratista en los crematorios públicos o en los lugares que el supervisor indique siempre y cuando no perjudique a terceras personas.

Apéndice H: ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

H.1 ALCANTARILLADO SANITARIO

H.1.1 Inspección

Para un adecuado funcionamiento, se debe inspeccionar el sistema de alcantarillado de forma continua. Esas inspecciones deben incluyendo los siguientes elementos:

- Averiguar que los huecos de ventilación sobre las tapas de pozo de visita no estén bloqueados.
- Averiguar si hay presencia de arena, grava, grasa u otros depósitos sobre el fondo de los pozos.
- Averiguar el estado de las tuberías y la presencia de grietas, así como la alineación de tuberías.
- Averiguar la velocidad y el caudal del flujo.
- Averiguar condiciones del suelo al asentarse o hincharse alrededor de los pozos.
- Averiguar el nivel de agua en los pozos.
- Averiguar la elevación de tapa del pozo durante una reparación de calle.

H.1.1.1 Pruebas de humo

Consisten en hacer circular bajo presión una nube de humo blanco que penetrará todas las conexiones dentro del sector de la red bajo investigación. Observándose en qué punto el humo está escapando se puede ubicar grietas y conexiones ilícitas.

H.1.1.2 Prueba usando liquido colorado

Esta prueba consiste en el uso de colorante, cuya presencia en los afluentes permite averiguar las intercomunicaciones entre las redes de alcantarillado y las conexiones.

H.1.2 Limpieza

Cuando la velocidad del afluente que pasa en una tubería es menor de 0.6 lps, ocurre sedimentación, lo que provoca la deposición de sólidos en la tubería. Para prevenir una acumulación excesiva de sólidos tenemos los siguientes métodos:

H.1.2.1 Limpieza con bolas de acero

Consiste en la introducción de una bola de acero con diámetro ligeramente inferior al diámetro interior de la tubería, la bola se asegura por una cadena, cable o mecate, y se coloca dentro de un pozo de visita con agua. El agua forzaría la bola a viajar en la tubería del alcantarillado. Cuando se regularice la velocidad de avance, la bola irá incrementándose y desalojará los sólidos y los pondrá en suspensión. Un dique o muro instalado en un pozo de visita aguas abajo permite recolectar residuos.

H.1.2.2 Limpieza hidrodinámica

Es el método más empleado. Consiste en utilizar una manguera de caucho con un caudal hasta de 6 lps de agua con una presión entre 4,000 y 150,000 KPa. La boca dirige un chorro para desalojar los depósitos de sólidos. Unos chorros laterales aseguran la evacuación de los residuos y permite el movimiento de la cabeza de limpieza. La presión del agua fluctúa en función del diámetro de la tubería. El agua es suministrada por una bomba de alta presión puesta sobre un camión equipado con un reservorio de agua. La limpieza está hecha hacia aguas arriba y el agua lleva los residuos hacia abajo. Un dique o muro instalado en un pozo de visita aguas abajo permite recolectar residuos.

H.1.2.3 Limpieza usando demasía de agua

Incrementado el caudal y la presión hidrostática en el conducto, se puede permitir una limpieza adecuada para tuberías pequeñas. Este tipo de limpieza es generalmente seguido por algún método de limpieza, ya que las presiones y velocidades producidas son generalmente inadecuadas para lograr una limpieza completa.

H.1.2.4 Limpieza mecánica

Eficiente para eliminar raíces de árbol, grasas y varios residuos. La limpieza es realizada por una herramienta cortante o un taladro introducido en el alcantarillado por un cable atado a una máquina motorizada. Varios tipos de herramientas pueden ser usados dependiendo del tipo de residuo a ser removido.

H.1.3 Reparación

Aparte de la inspección y de la limpieza el trabajador de alcantarillado sanitario debe reparar las tuberías del alcantarillado sanitario, los pozos de visita y los equipos asociados con este. Durante estas reparaciones, herramientas mecánicas y eléctricas son requeridas, así como productos de cemento para reparar el concreto y mampostería. Es también necesario de excavar amplias áreas para remplazar conductos que se han hundido o quebrado. Para lograr esto, retroexcavadoras y otros equipos pesados son requeridos en la evacuación del material excavado sobrante y de pedazos de conductos.

H.1.4 Clasificación

Es importante inspeccionar y evaluar los riesgos existentes en cada uno de los sitios de trabajo. Esta evaluación conlleva a clasificar el sitio de trabajo de acuerdo al nivel de riesgo encontrado al cual se asocia un procedimiento de trabajo. El trabajo asociado a la operación y mantenimiento de una red de alcantarillado tiene lugar principalmente en sitios con acceso difícil o con una ventilación inadecuada. En esos casos, se trata de “sitios cerrados” es decir donde los medios de acceso de salida son limitados dada su concepción, estilo de construcción, y en el cual una acumulación de contaminantes tóxicos e inflamables puede ocurrir.

Los sitios que coinciden con esa definición no necesariamente representan el mismo nivel de riesgo. Para evaluar el sitio de trabajo, se puede acudir a varios criterios, entre otros: las características de construcción (facilidad de acceso, confinamiento, tipo de equipo, caudal y capacidad del alcantarillado) y las condiciones atmosféricas (presencia de gases tóxicos o inflamables, nivel de oxígeno). El propósito principal de esa evaluación es de limitar el acceso a los sitios de trabajo peligrosos. El acceso a esos sitios de trabajo peligrosos de ser controlados por un “programa de permiso de acceso”.

La puesta en marcha de un programa de permiso de acceso implica:

- Adaptar medios para restringir el acceso a espacios peligrosos a personas no autorizadas.
- Hacer conocer los riesgos ligados al sitio de trabajo cuando se otorga un permiso de acceso.
- Un seguimiento administrativo de las condiciones encontradas durante cada acceso a un sitio cerrado de alto riesgo, incluyendo las informaciones referentes a los incidentes que han ocurrido durante el acceso que puedan conducir a reevaluar el riesgo a este sitio y los procedimientos a emprender.

H.1.5 Consignas generales de seguridad

Las informaciones contenidas en esta sección no son exhaustivas pero buscan sensibilizar a los trabajadores a las tres etapas de la intervención:

- Preparación.
- Movilización e intervención.
- Desmovilización y mantenimiento del equipo.

Previamente a la intervención, el trabajador y el capataz deberían:

- Ponerse de acuerdo durante una reunión antes de iniciar el trabajo sobre las diferentes etapas y sobre un plan de evacuación de emergencia.
- Obtener un certificado de socorrismo y haber recibido capacitación pertinente sobre los riesgos inherentes al trabajo, cuando estos afecten la supervisión de trabajo, al exterior de las alcantarillas.
- Disponer de un sistema de comunicación por radio adecuado para comunicarse con los servicios de emergencia.
- Aplicar las normas de señalización para trabajos de poca duración, tan pronto como la cuadrilla de trabajo inmovilice su vehículo sobre la vía pública.
- Convenir en una estrategia de intervención respecto al procedimiento de trabajo a efectuar.
- Discutir las responsabilidades de cada uno y la marcha a seguir para abrir los pozos de salida, si fuera necesario.
- Asegurarse de que las medidas de prevención sean puestas en aplicación previamente al inicio de los trabajos.
- Registrar en una hoja de trabajo los riesgos presentes de trabajo y certificar por escrito su conformidad sobre los medios de prevención a poner en práctica.
- Proceder si es requerido a ventilar el área de trabajo.
- Obtener un plano de la red.
- Asegurar una adecuada coordinación con los demás servicios públicos.
- Conseguir un permiso de cierre de la vía si es necesario.

Durante la intervención el trabajador y el capataz deberán:

- Asegurarse que un operario, se quede cerca de la entrada del pozo de visita durante la intervención para evitar accidentes a causa de tráfico vehicular en el caso que se permita el acceso de estos.

Cuando sea aplicable se seguirán las siguientes etapas:

H.1.5.1 Etapa 1

Instalar el dispositivo de señalización de conformidad con el reglamento sobre vialidad. Asegúrese de ubicar los vehículos de manera de evitar que los gases de escape se metan en el espacio de trabajo.

H.1.5.2 Etapa 2

Abrir el pozo de visita. La apertura puede hacerse con una barra especial o una palanca. El uso de una palanca permite aminorar de manera apreciable los riesgos de daños en las espaldas.

- Insertar el gancho en un hueco de la tapa del pozo.
- Colocar el pie de la palanca en el suelo a más o menos 300 mm.
- Tirar la barra de la palanca de más o menos 300 mm.
- Una vez que la tapa esta removida de su base, tirar la barra de la palanca a 300 mm y repetir.
- Reponer el gancho en su entalladura.
- Una vez que el pozo de visita este abierto, es imperativo instalar el parapeto de seguridad para evitar la caída de trabajadores y objetos en el pozo.
- Después de abrir la tapa del pozo de visita, dejar transcurrir 15 minutos la ventilación de este.

H.1.5.3 Etapa 3

Vestirse con el equipo de seguridad requerido para un trabajador en alcantarillado, incluyendo:

- Guantes y botas de caucho.
- Abrigo o traje impermeable.
- Lámparas.
- Gafas de seguridad.

H.1.5.4 Etapa 4

Bajar al interior del alcantarillado siendo retenido por los arneses de seguridad fijada a un trípode si la profundidad es suficiente. Los arneses tipo paracaídas (full body) con anillos de fijación tipo D al hombro son recomendados, puesto que permiten mantener al trabajador en buena posición para extraerlo del sitio de trabajo aun si él está inconsciente. En lo que se refiere a los trípodes, van a necesitarse de la presencia de dos operadores, para retirar a la persona inconsciente de un sitio cerrado. Un segundo trabajador debe quedarse en la superficie listo a intervenir si es preciso.

En caso de que el trabajador en el alcantarillado se aleja, un segundo trabajador debe entrar en el alcantarillado a fin de que en todo momento el primer trabajador esté al alcance de la vista.

H.1.5.5 Etapa 5

Tomando en cuenta la distancia entre la apertura y el lugar de trabajo, se deberá prever una atadura de seguridad por la cual se podrá extraer al trabajador en caso de peligro.

H.1.5.6 Etapa 6

En función de la naturaleza de los trabajos a efectuar (soldadura, disolventes orgánicos, etc.) se usará ventilación. Si por circunstancias excepcionales, el trabajo debe efectuarse en condición atmosférica altamente peligrosas para la vida y la salud, él o los trabajadores, deberán estar equipados de aparatos respiratorios personales, así como los vigilantes de superficie que deben llevar el aparato, deben de estar listo a intervenir de inmediato. En cada caso, los trabajadores deberán estar equipados de aparatos apropiados a las dimensiones del acceso al espacio de trabajo.

Después de la intervención, el trabajador y el capataz deberán:

- Asegurarse de que sus compañeros de trabajo hayan salido del alcantarillado antes de cerrar la tapa del pozo de visita.
- Tomar una ducha y dejar sus ropas sucias en un contenedor previsto con este fin.
- Asegurarse de que el camión y los equipos de trabajo estén limpios.
- Informar a su medio personal de la naturaleza particular de su función, en caso de sentirse indispuerto.

G.1.6 Intervención en los colectores

Los colectores han sido concebidos de tal manera que la velocidad del flujo sea suficiente para permitir una auto-limpieza de las tuberías tomando en cuenta los caudales picos de diseños.

Los caudales picos de diseño no se presentarán en los primeros años de servicio de los colectores, de tal manera que en algunos tramos de los colectores, la velocidad de flujo podría no ser adecuada para asegurar la auto-limpieza de las tuberías, hasta que el incremento de usuarios conectados al sistema haga incrementar los caudales de aguas negras hasta acercarse a los parámetros de diseños. Cabe mencionar que para una tubería fluyendo a la mitad de su capacidad, la velocidad de flujo alcanza la obtenida a tubo lleno, de forma que la velocidad de diseño de los colectores supera 0.6 m/s, valor límite de autolimpieza.

Así en la mayoría de los tramos de los colectores, la velocidad de autolimpieza debería ser obtenida aún a principios de la vida de los colectores, cuando los caudales estén muy por debajo de los parámetros de diseño.

H.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

H.2.1 Tratamiento preliminar

H.2.1.1 Canal de entrada con rejillas

- Se recomienda la remoción manual y diaria de los sólidos gruesos retenidos entre las barras de la rejilla y los acumulados sobre la platina perforada, con la ayuda de un rastrillo metálico. Esta actividad dura aproximadamente 10 minutos.
- Se limpiarán los sólidos sedimentados en el fondo del canal de entrada, una vez por mes, con la ayuda de pala y carretilla. Esta actividad toma aproximadamente 10 minutos.
- Se clasificarán los desechos en orgánicos e inorgánicos. El material inorgánico se recolectará y enviará al basurero municipal, y el material orgánico se deposita en la pila de secado de lodos.

H.2.1.2 Medidor de caudal

- Se recomienda hacer mediciones cada hora en la etapa de arranque del sistema para conocer el comportamiento de los caudales de entrada y salida.
- Posteriormente, pueden efectuarse mediciones menos frecuentes de control (tres veces al día). Estas mediciones deben ser anotadas en un cuaderno de registro para saber su comportamiento en el tiempo.
- Se recomienda limpiar las paredes del aforador y pintarlas con pintura asfáltica para aumentar la vida útil del dispositivo.

H.2.1.3 Desarenador

- Extracción del material acumulado en el fondo del desarenador mediante una válvula de desagüe de fondo. Si no existe esta válvula, se utiliza pala y carretilla.
- Los desechos del desarenador se trasladarán a la pila de secado de lodos. La frecuencia de limpieza se determina en función de la acumulación de material en el volumen establecido para el almacenamiento de los sedimentos. Esta limpieza tiene una duración de 30 a 40 min.

H.2.2 Tren de tratamiento

H.2.2.1 Tanque séptico

- Recomendable contratar a una empresa especializada, que vacíe mediante bombeo, y transporte el cieno de fosas sépticas, dado que deben cumplirse ciertas normas con los residuos resultantes. Se debe supervisar esta limpieza para asegurar que se haga debidamente.
- Sacar todo el material del pozo, dispersando la capa de impurezas y mezclar las capas de cieno con la parte líquida del tanque, para facilitar su vaciado lo más completo posible. Por lo usual esto se logra alternativamente sacando el agua del tanque con una bomba y reinyectándola, a presión, en el fondo del tanque.
- La fosa séptica debe limpiarse a través de la boca central de acceso y no por los portillos de inspección de los desviadores., ya que esto puede dañar los desviadores internos del pozo, fundamentales para su buen funcionamiento. Es importante nunca entrar al interior de un tanque séptico.
- La purga de lodos, deberá realizarse cada 6 meses, no obstante, se recomienda chequear los niveles de lodos en los compartimentos de sedimentación, de la siguiente manera: se introduce una regla milimetrada con una toalla blanca fijada en un lado de la regla, si la toalla se oscurece hasta llegar a una marca mayor a 1.5 m, es el indicador para realizar la purga del compartimento de digestión de lodos.
- Para la realización de la purga de lodos es necesario cerrar las compuertas de entrada de agua cruda al sistema. Los operadores deberán vigilar la apariencia de líquido que se extrae, para evitar mantener las válvulas de los tubos de extracción por más tiempo del necesario y así evitar que se extraiga totalmente el lodo del fondo y se altere la digestión anaerobia del tanque.
- La extracción de lodos deberá ser a través de bombeo con una tubería PVC de 6" de diámetro, la cual deberá estar colocada en forma vertical y a 15 cm por encima del fondo del tanque. Además se requiere por lo menos una carga hidráulica de 1.80 m sobre la tubería de extracción.
- Una vez extraídos, los lodos serán conducidos a los lecho de secado. Los operadores deberán ir alternando el uso de los lechos de secado según se purguen los tanques, sobre todo en la época de verano, que se aprovecha la luz solar para la evaporación y secado de lodos.
- Una vez secado los lodos, se retiraran de los lechos de secado y mezclarán con el suelo natural de las áreas verdes del predio del sistema de tratamiento para contribuir en la recuperación de nutrientes del suelo.

- Antes de la entrada de la estación lluviosa los tanques deberán purgarse, ya que en esta época se pueden prolongar los tiempos de digestión y purga, por que las lluvias impiden la operación de secado de lodos.

H.2.2.2 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

- El retrolavado se realizará de manera automática mediante la operación de los sifones, no obstante, los operadores deberán inspeccionar diariamente el caudal de salida de cada una de las unidades de tratamiento para detectar cualquier funcionamiento anormal.
- En caso que se detecte que alguna de las unidades no está descargando su efluente, se deberá inspeccionar la caja de entrada y salida para detectar y remover la obstrucción que impide la operación normal.

H.2.2.3 Humedales

- Remoción de los flóculos sedimentados en el canal de distribución una vez por mes y reposición de la cubierta de madera cuando se encuentra en mal estado, actividad que tarda 30 minutos.
- Corte de plantas en función de su ciclo vegetativo y limpieza de la superficie del lecho filtrante después del corte, con la ayuda de machete y rastrillo. Para esta actividad es necesario contratar personal adicional que ayude al operador de la planta, aunque una alternativa para ahorrar este costo consiste en ofrecer las plantas a cambio de la limpieza, el carrizo por ejemplo es usado en la elaboración de productos artesanales.
- Al notar flujo superficial en la entrada del humedal, se recomienda remover de uno a dos metros del material del lecho filtrante principal en todo el ancho de cada unidad del humedal, el cual se sustituirá con material nuevo de las mismas características. Para esto, se extrae el agua del humedal y una vez vacío el humedal, se realiza el cambio del material con la ayuda de pico, pala y carretilla. Para esta actividad, es recomendable contar con personal adicional de manera que se reduzca al mínimo el tiempo durante el cual el humedal esté fuera de operación.
- Control del espejo de agua, el cual siempre debe estar por debajo del lecho filtrante. Esto se hace con la manguera flexible de la caja de salida, ubicando la salida a la altura establecida en función de la pendiente hidráulica de diseño.
- Mantener la humedad para que la comunidad microbiana permanezca saludable y eficaz. Es deseable un índice de humedad tan cercano al 100% como sea posible.
- Mantener suficientes espacios vacíos y evitar la canalización del aire que dé lugar al flujo en cortocircuito dentro del medio.

- Mantener un rango de temperaturas adecuadas para conservar los organismos microbianos saludables y en funcionamiento. El aire de temperatura alta (130-140°F) de los procesos de compostaje contiene altas concentraciones de amoníaco que pueden ser tóxicas para los microorganismos.
- Desarrollar un protocolo de monitoreo del funcionamiento del humedal para la evaluación rutinaria de la eficacia de control de olor.

H.2.3 Mantenimiento de las obras

H.2.3.1 Mantenimiento preventivo

Son una serie de actividades que permitirán la operación del sistema, sin interrupción durante el período de diseño.

- **Limpieza del predio**

Actividad a realizarse 4 veces por año, consiste en rozar el área total del predio y limpieza de todo tipo de maleza encontrada, esta actividad se podrá realizar por sub-contrato.

- **Chequeo de la infraestructura**

Actividad a realizarse cada 5 años, consiste en una revisión pormenorizada de toda la instrumentación dando especial atención a los accesorios metálicos (rejas, compuertas, válvulas, laminas repartidoras de flujo, etc). De esta actividad deberá resultar un informe de la situación de la planta y recomendaciones para tomar medidas correctivas.

- **Lavado del lecho de filtración**

Actividad programada cada dos años, consiste en sacar de operación una de las unidades de filtración, lo cual no significa interrumpir la operación de toda la unidad, ya que el tanque séptico seguirá operando, pero el tratamiento secundario lo realizará el filtro de la unidad contigua mediante el cierre de la válvula que alimenta el filtro a lavar y la apertura de la válvula que hace el by pass entre ambas unidades de filtración. Una vez establecido el bypass entre el tanque séptico y la unidad contigua de filtración se procederá a evacuar el agua contenida en el filtro a lavar, adicionándole agua hasta que alcance un nivel tal, que active la operación del sifón.

Una vez evacuada el agua del filtro, se procederá a retirar y lavar el material del lecho de filtración, con el objeto de remover la película biológica adherida alrededor de su superficie. Luego de lavado el material del lecho filtrante, se volverá a colocar el material de acuerdo a las especificaciones de constructivas y se abrirá la válvula de entrada al filtro para normalizar la operación de la unidad.

▪ Pilas de humedales

Remoción de los flóculos sedimentados en el canal de distribución una vez por mes y reposición de las tablas de madera que se utilizan como tapa del mismo cuando estén en mal estado, para evitar la proliferación de mosquitos y zancudos transmisores de enfermedades.

Para la cosecha de carrizos, se tendrá un período de 10 meses, con la finalidad de obtener un buen funcionamiento y un óptimo rendimiento, además de la ganancia que generaría la venta de estos cultivos.

Se deberá realizar limpieza de la superficie de los lechos después del corte del pasto, para evitar que la descomposición de estas plantas en el sitio sature el lecho.

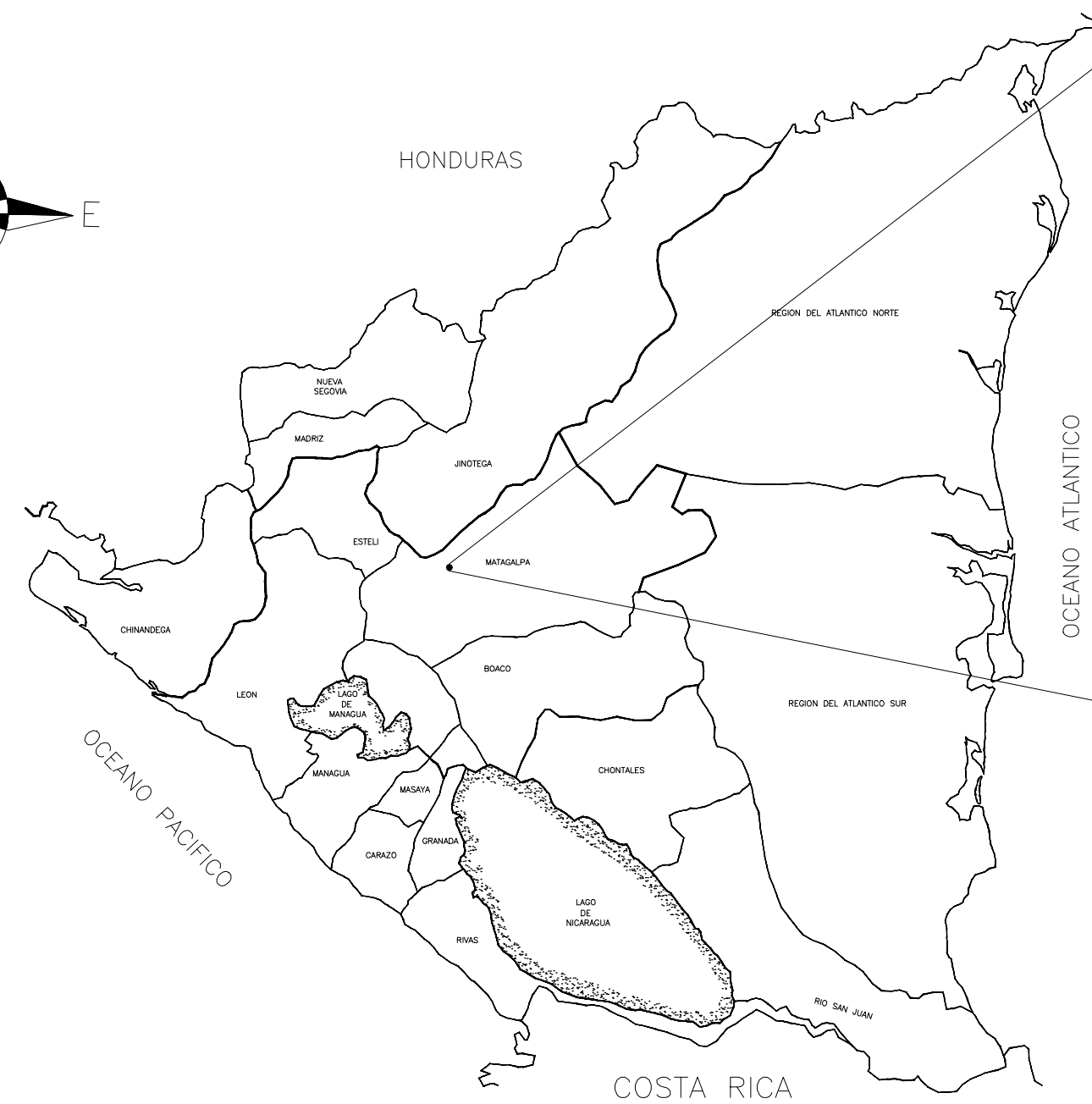
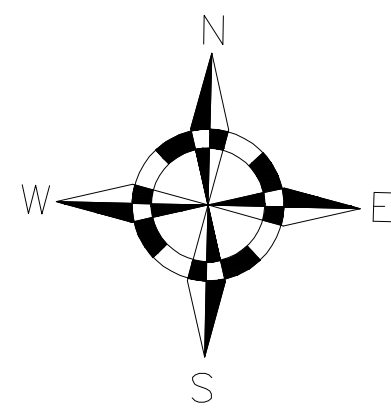
Anualmente, se deberá remover el primer metro del material del lecho filtrante en todo el ancho de las unidades del humedal, sustituyéndose con material nuevo de las mismas características.

Esto se debe a que en este sector del lecho filtrante el crecimiento bacteriano es mucho más fuerte que el resto del mismo, lo que podría causar una obstrucción parcial del lecho provocando la aparición de un flujo superficial de aguas residuales.

H.2.3.2 Mantenimiento correctivo

Será ejecutado cuando se presenten uno o más de los siguientes casos:

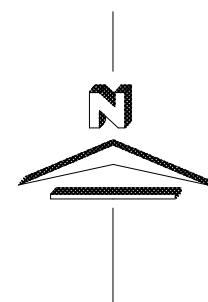
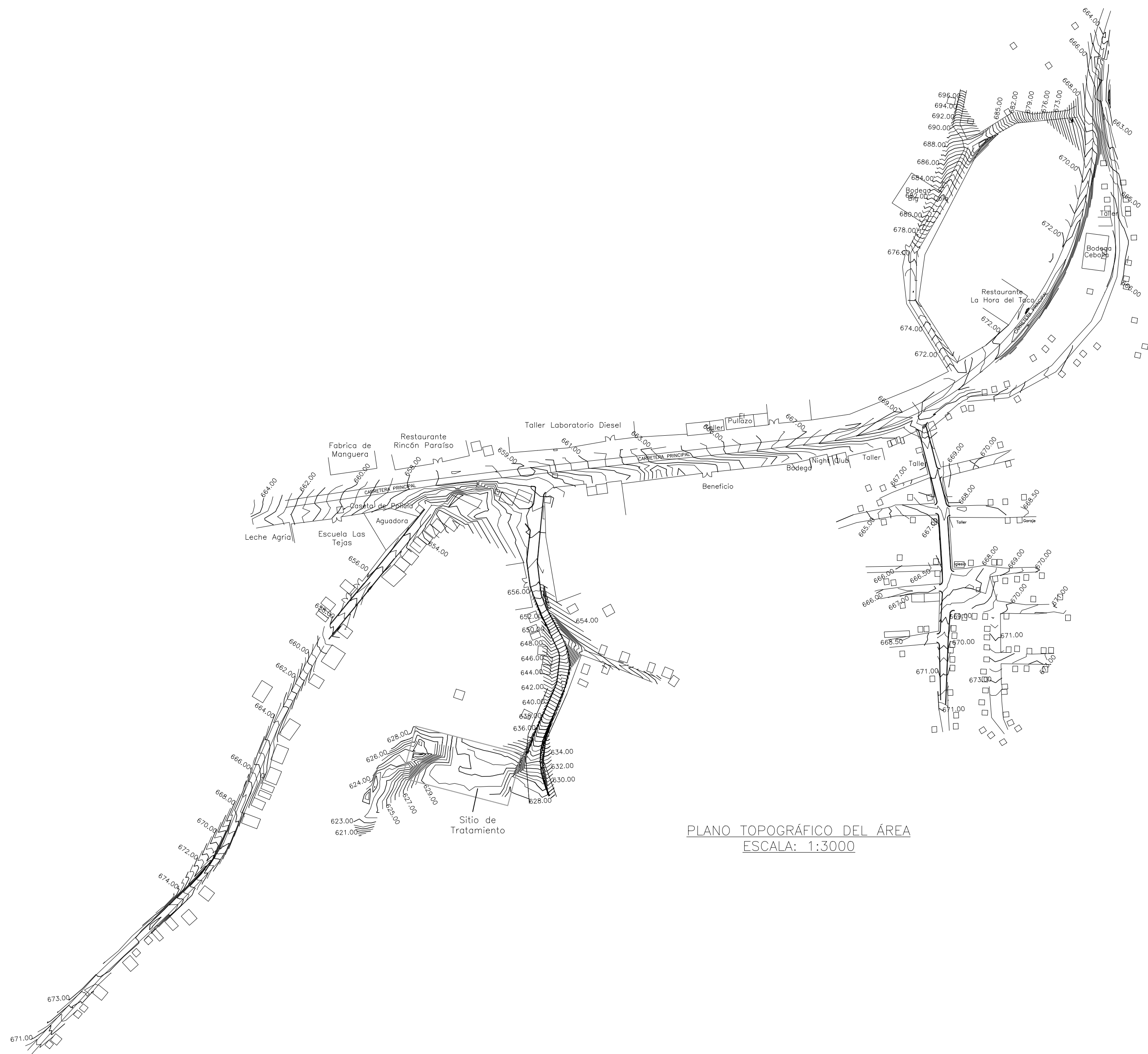
- Cuando el caudal de aguas residuales supere la capacidad instalada de la planta de tratamiento, y se deberán construir nuevos módulos.
- Cuando fenómenos naturales o la actividad del hombre dañe alguna estructura del sistema de tratamiento.
- Cuando un filtro se colmate totalmente y sea necesario cambiar el lecho filtrante.
- Cuando se presente cualquier daño de carácter permanente que provoque una operación anormal del sistema o la interrupción total de la operación.



NOMBRE DEL PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LOS BARRIOS MONTE TABOR
Y LAS TEJAS N° 1 DE LA CIUDAD DE MATAGALPA

UBICACIÓN:
MUNICIPIO DE MATAGALPA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA

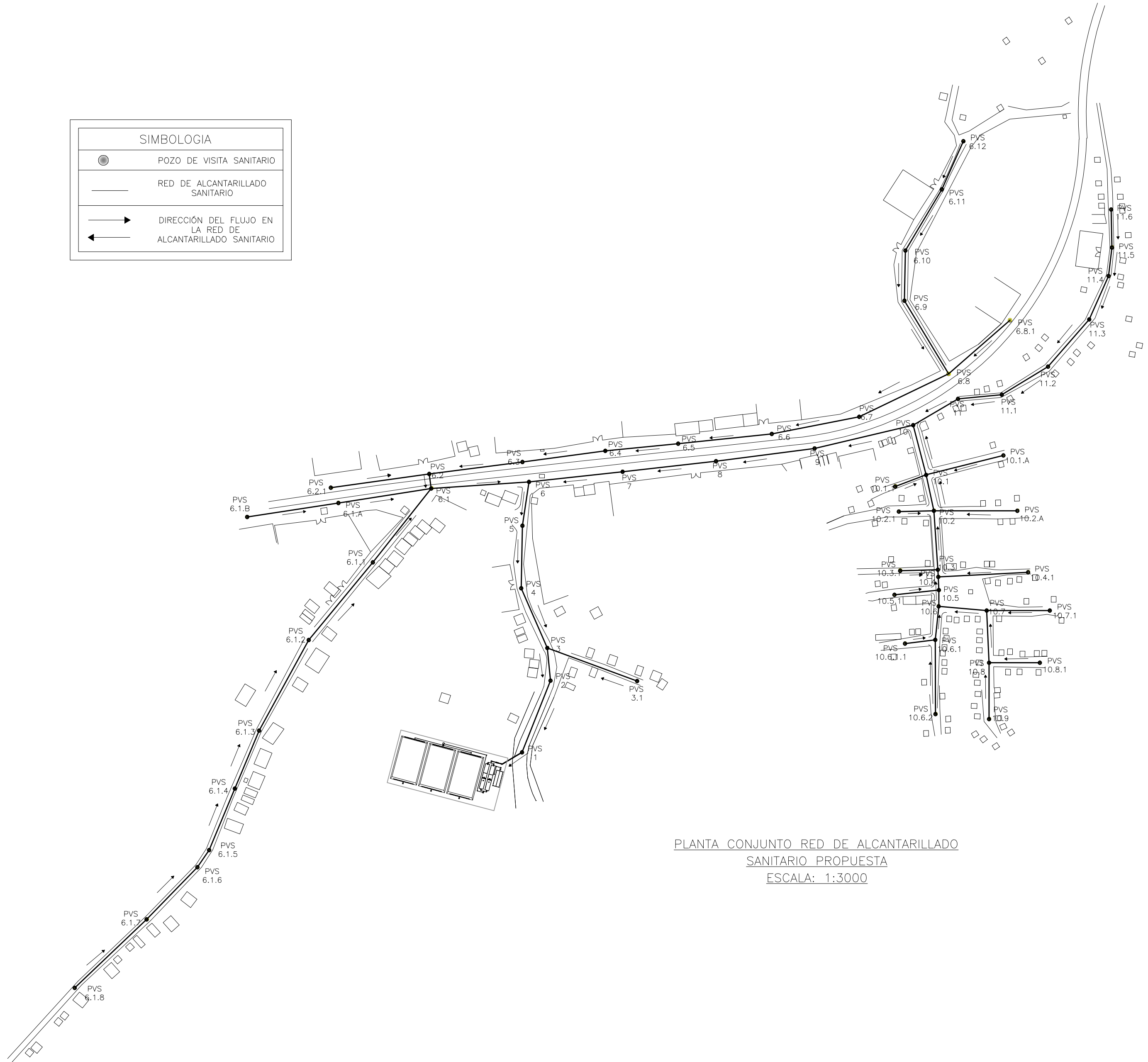
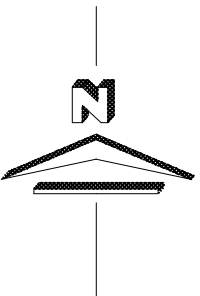
TABLA DE CONTENIDO	
HOJA	CONTENIDO
1	Carátula / Tabla de contenido.
2	Plano Topográfico del sitio.
3	Red de alcantarillado propuesta.
4	Planta-Perfil 1/7. Red propuesta.
5	Planta-Perfil 2/7. Red propuesta.
6	Planta-Perfil 3/7. Red propuesta.
7	Planta-Perfil 4/7. Red propuesta.
8	Planta-Perfil 5/7. Red propuesta.
9	Planta-Perfil 6/7. Red propuesta.
10	Planta-Perfil 7/7. Red propuesta.
11	Detalles constructivos de red propuesta.
12	Tratamiento preliminar / Lecho de secado.
13	Sistema tanque séptico + FAFA.
14	Sistema de humedales.
15	Ubicación / Planta conjunto de tratamiento.
16	Perfiles hidráulicos de planta de tratamiento.



PLANO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA
ESCALA: 1:3000

PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Bos. Monte Tabor y Las Tejas No.1. Ciudad de Matagalpa	CONTENIDO: Plano topográfico del sitio.	ELABORADO POR: Linda Jenifer Cerda Urbina Raúl Castro Castillo	REVISADO POR: Ing. José Angel Baltodano	No. LÁMINA 02 16	
	FECHA: Junio de 2011		ESC: Indicada		

SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISITA SANITARIO
	RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
	DIRECCIÓN DEL FLUJO EN LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO



PLANTA CONJUNTO RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO PROPUESTA
ESCALA: 1:3000

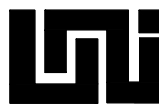
PROYECTO:
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
Bos. Monte Tabor y Las Tejas No.1.
Ciudad de Matagalpa

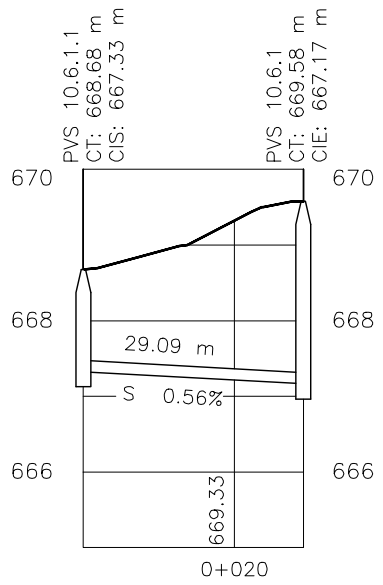
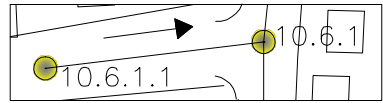
CONTENIDO:
Planta conjunto de red de alcantarillado
FECHA: Junio de 2011

ELABORADO POR:
Linda Jenifer Cerda Urbina
Raúl Castro Castillo

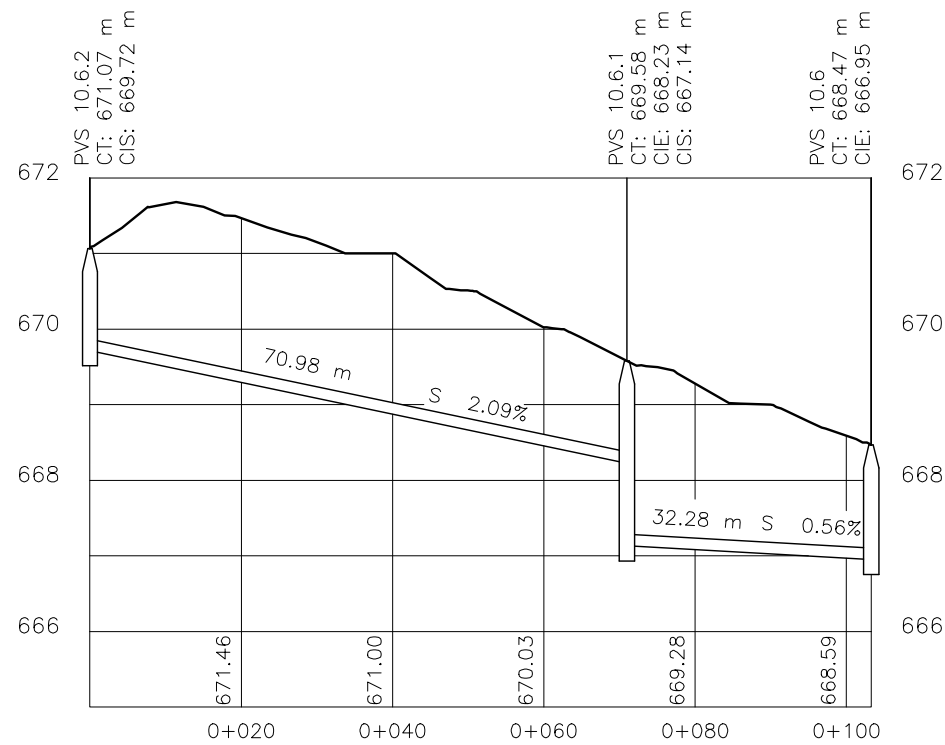
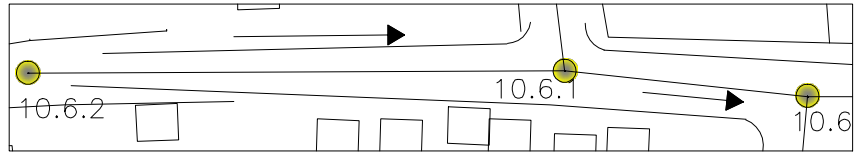
REVISADO POR:
Ing. José Angel Baltodano
ESC: Indicada

No. LÁMINA
03
16

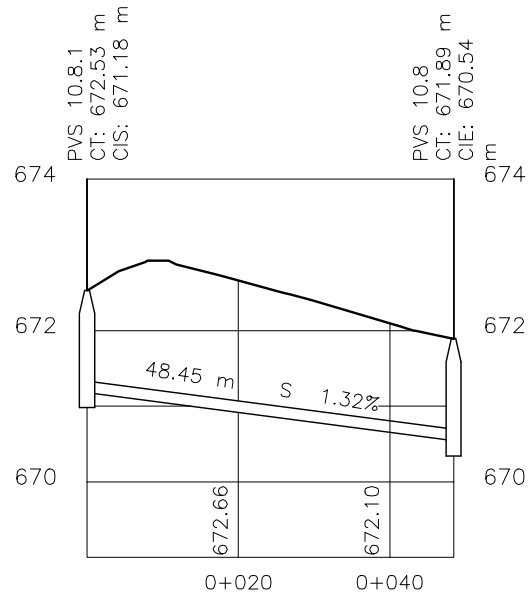
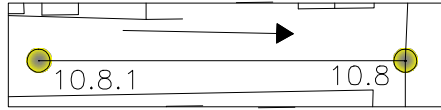




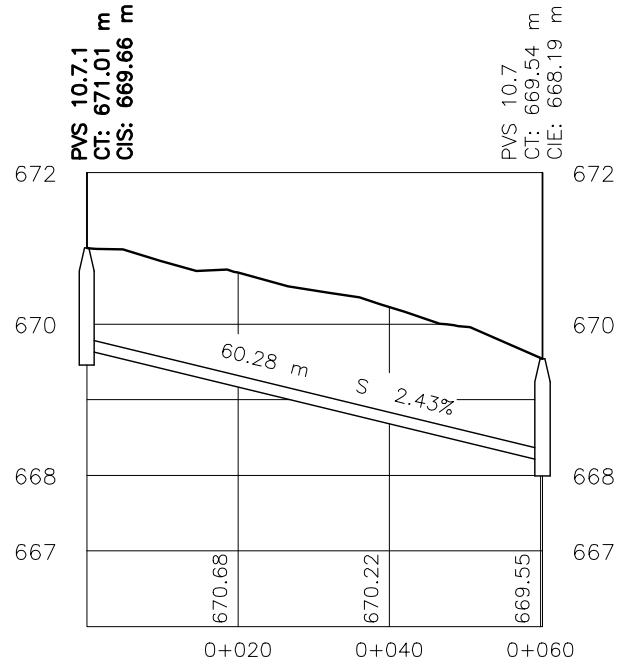
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.6.1.1-10.6.1
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



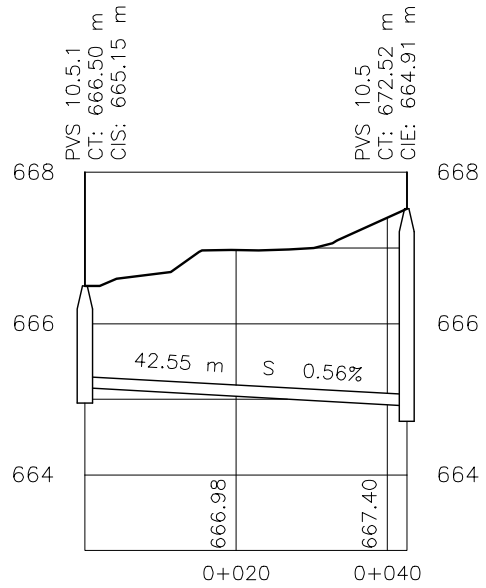
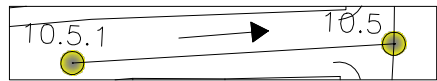
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.6.2-10.6
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



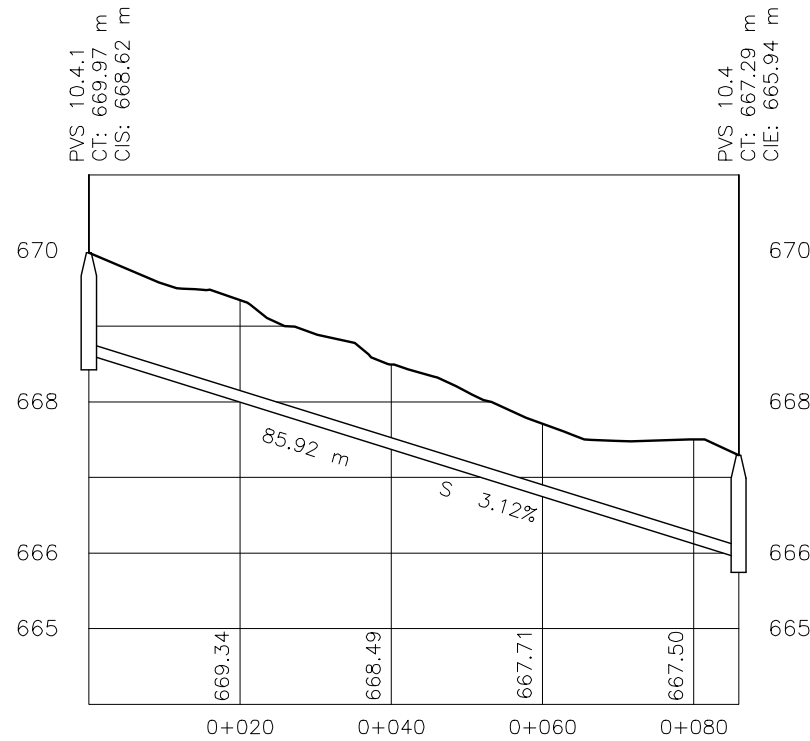
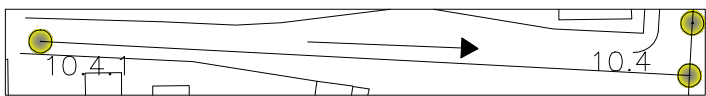
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.8.1-10.8
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



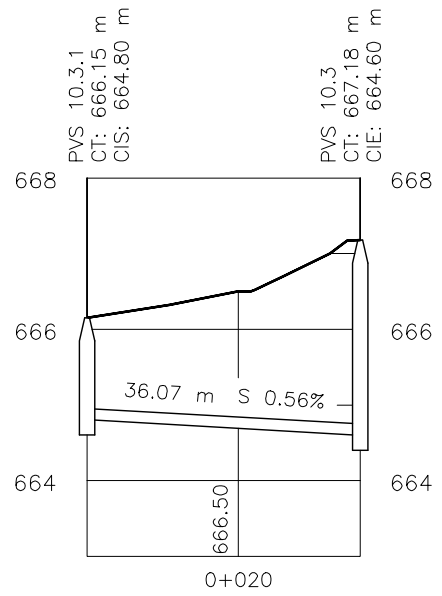
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.7.1-10.7
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



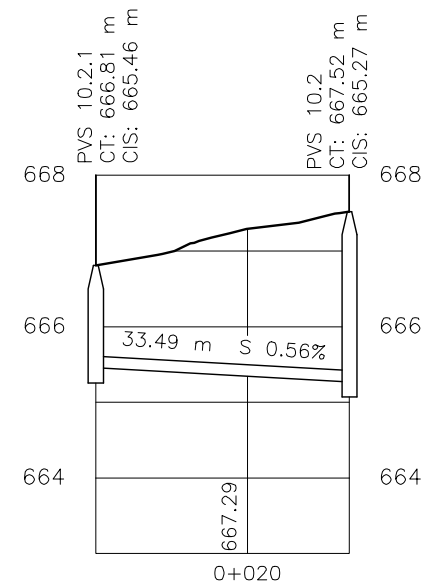
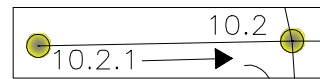
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.5.1-10.5
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



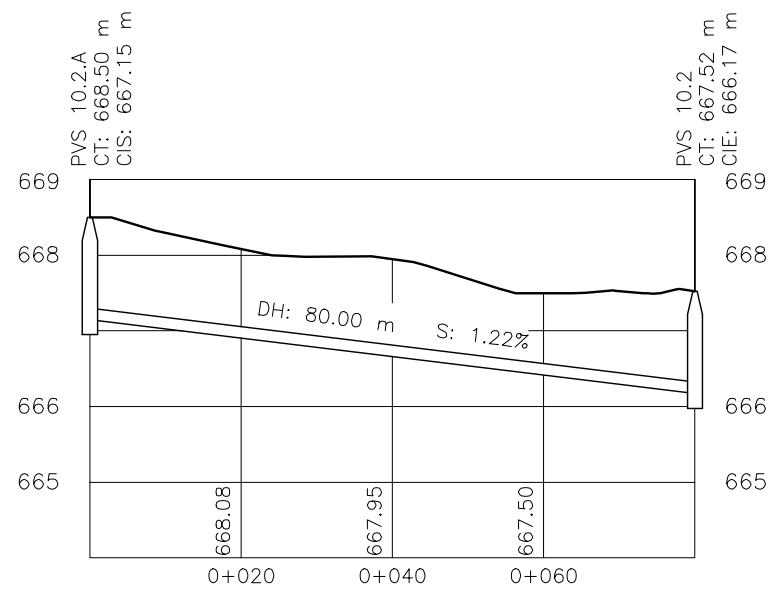
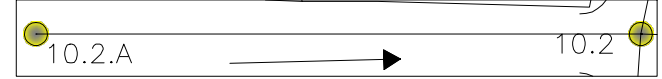
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.4.1-10.4
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



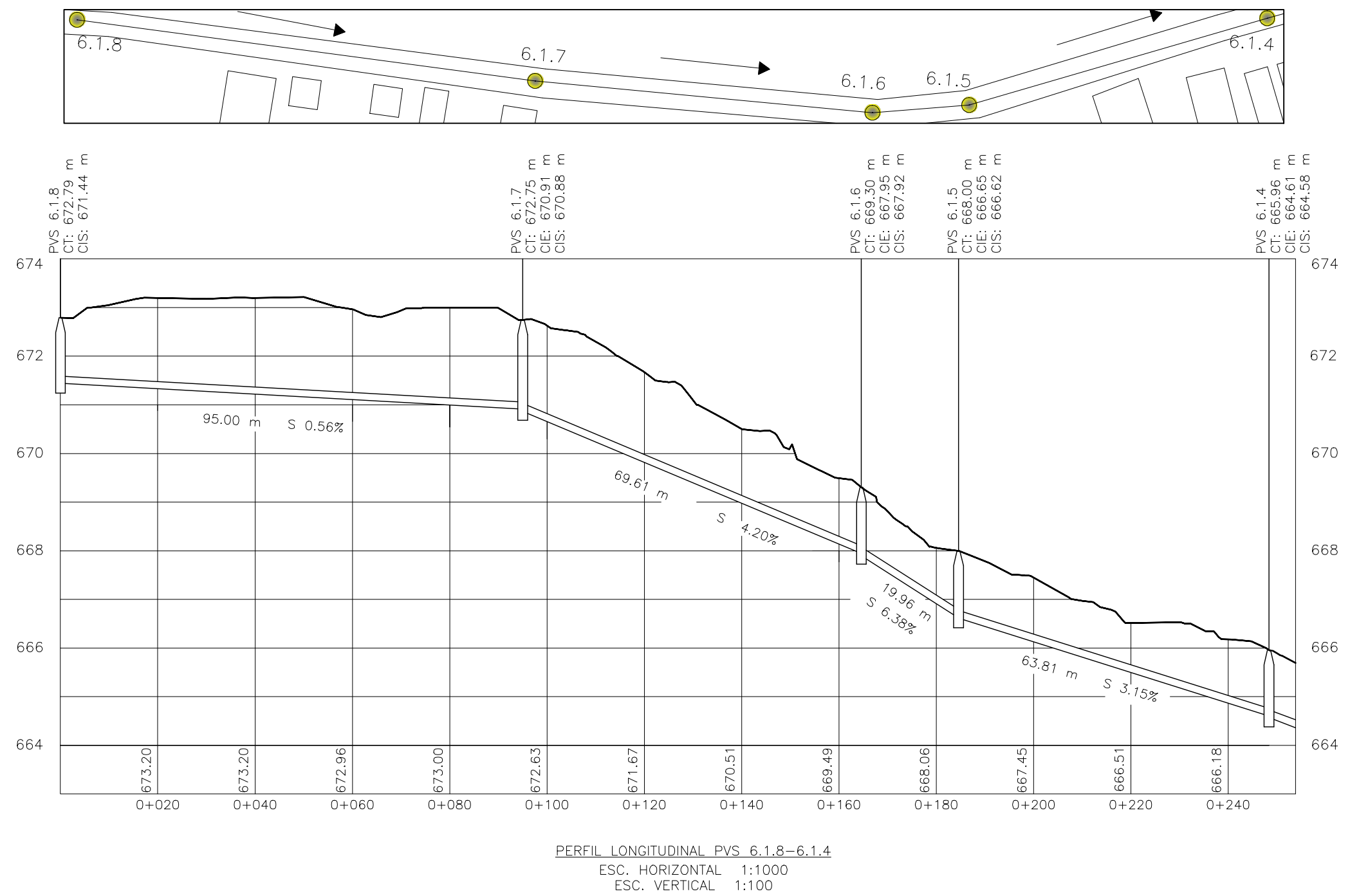
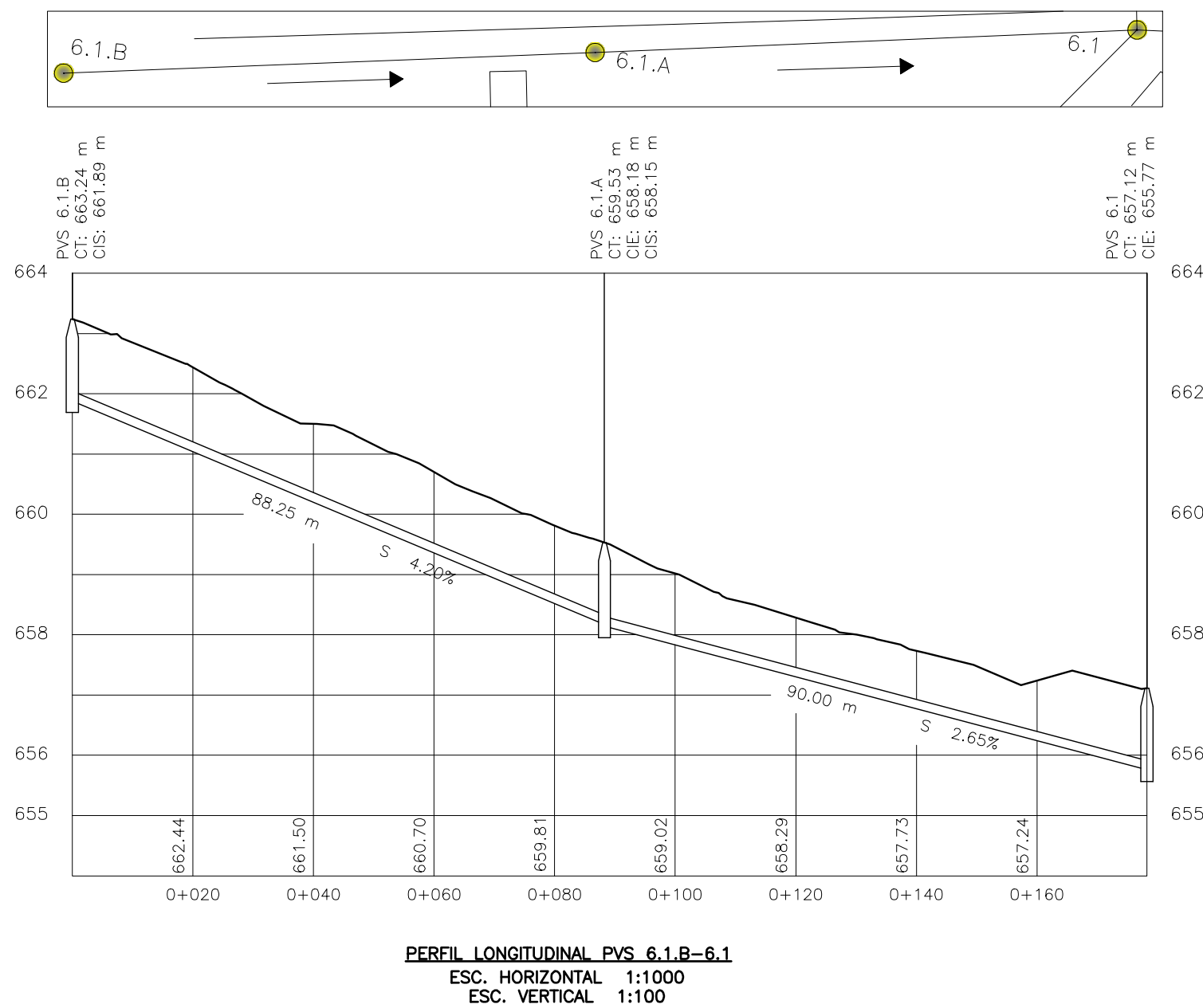
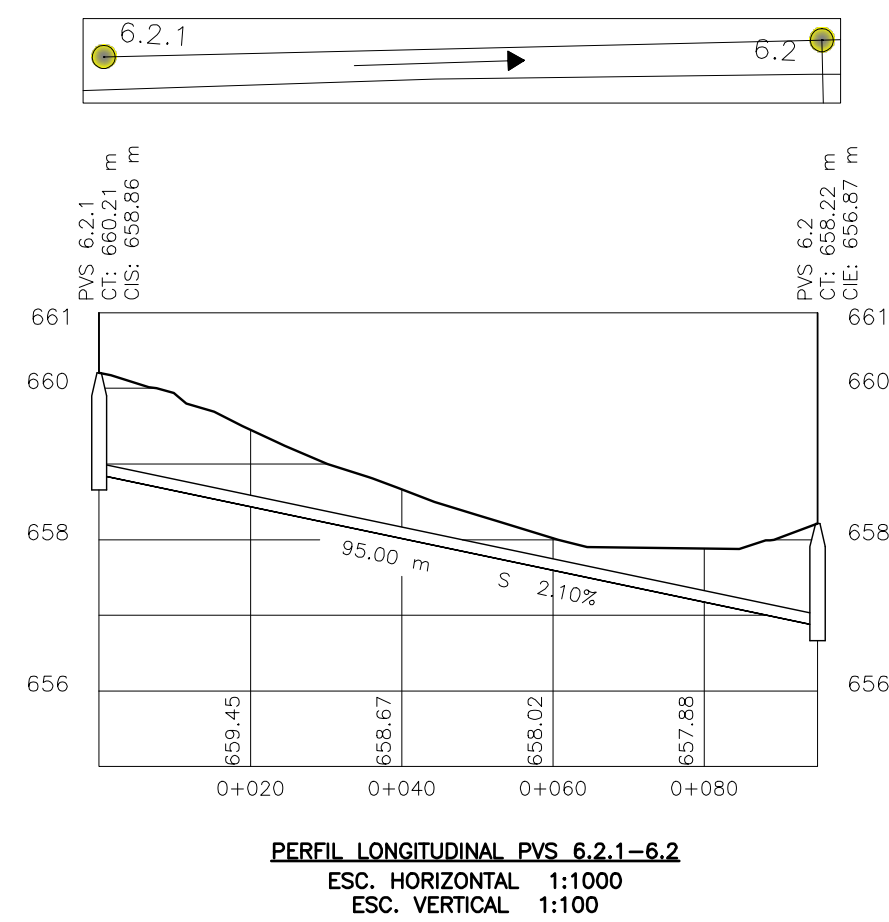
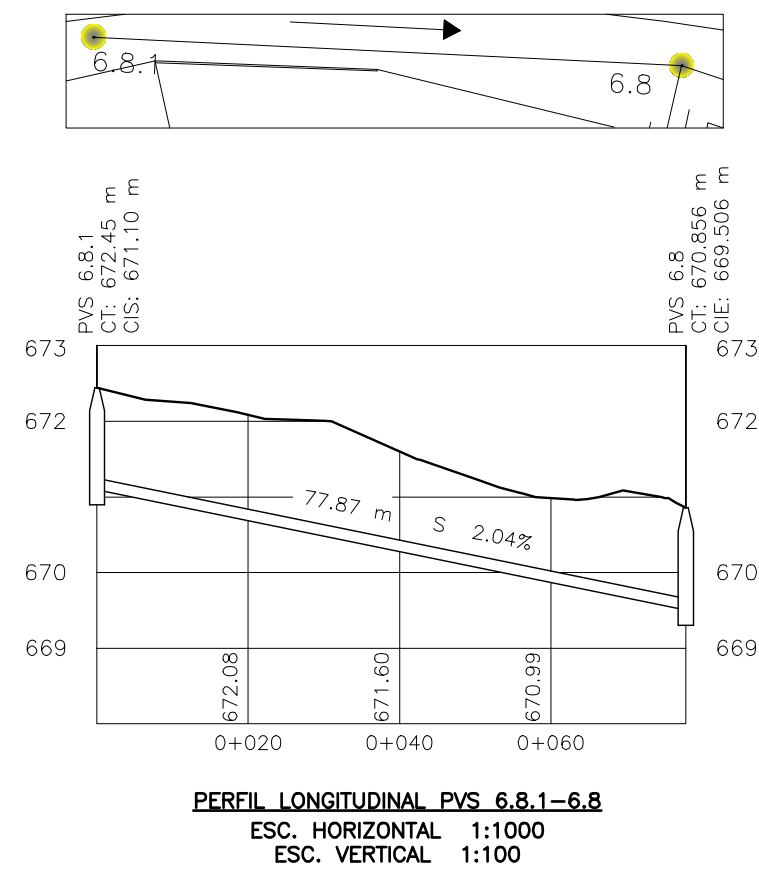
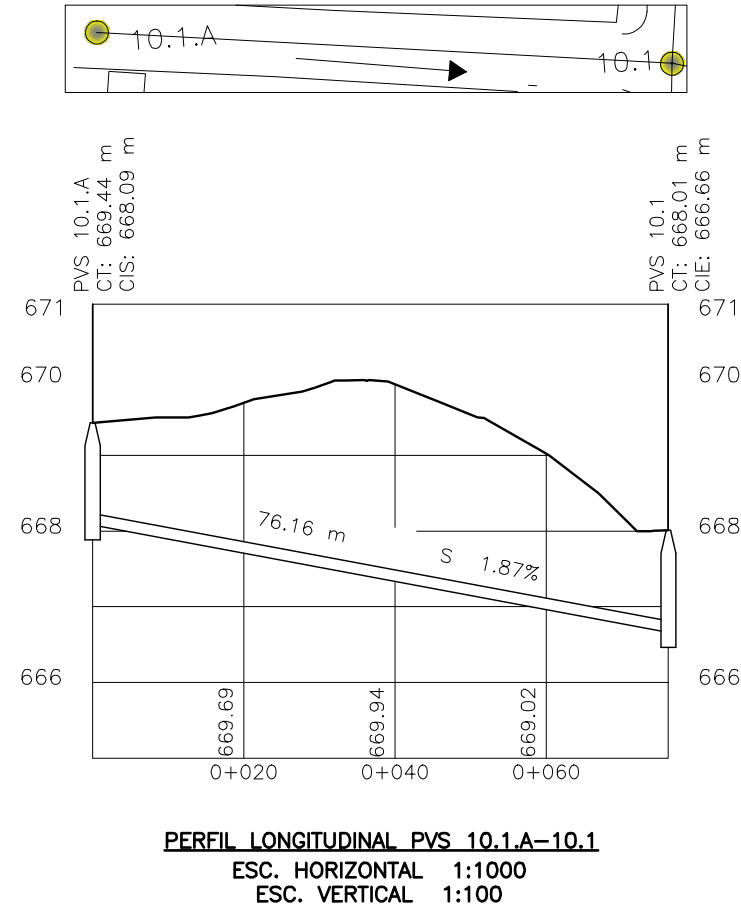
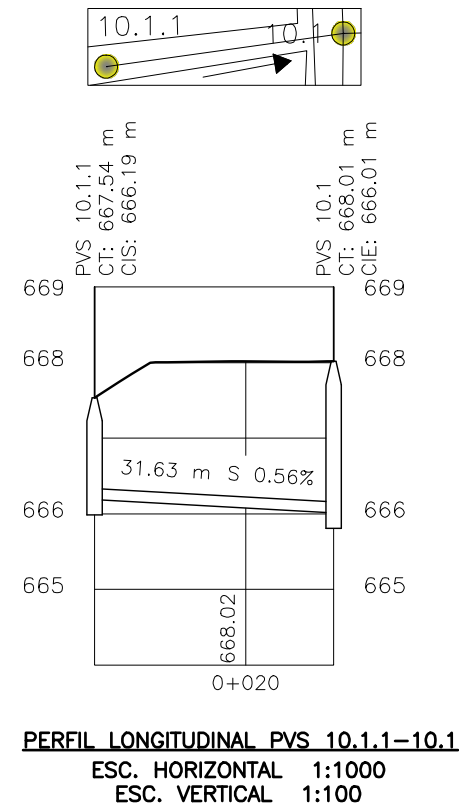
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.3.1-10.3
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100

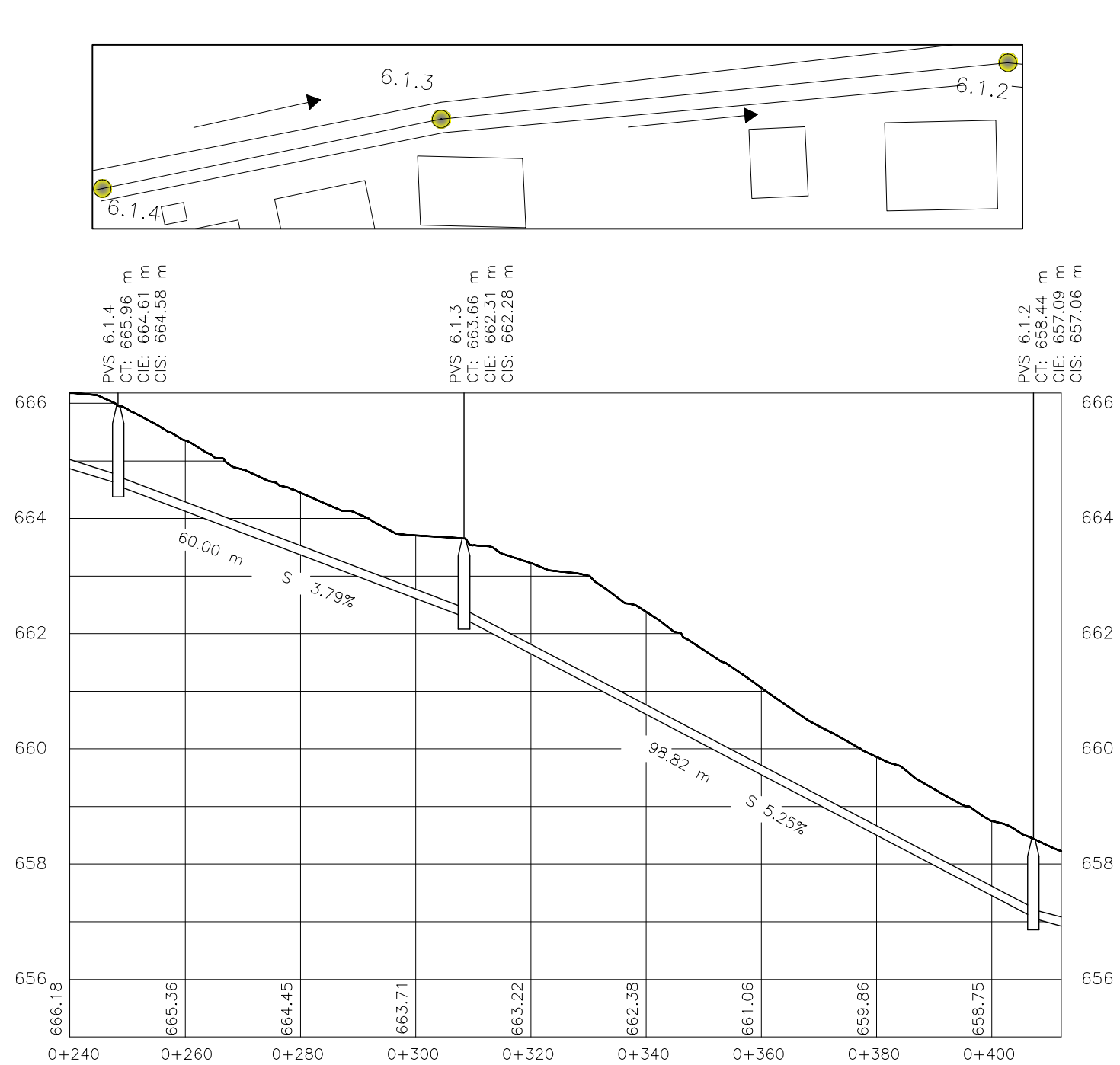


PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.2.1-10.2
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100

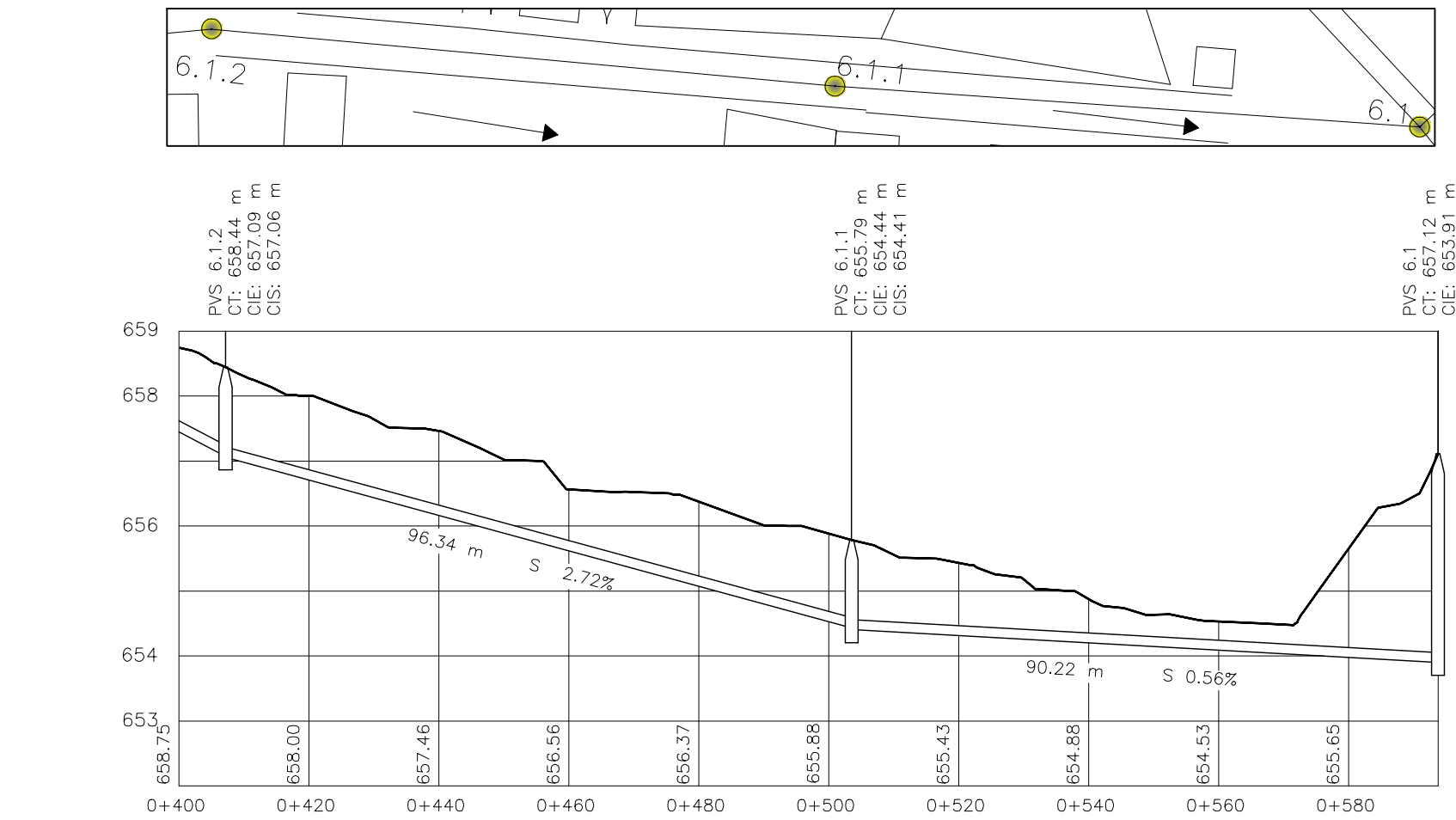


PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.2.A-10.2
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100

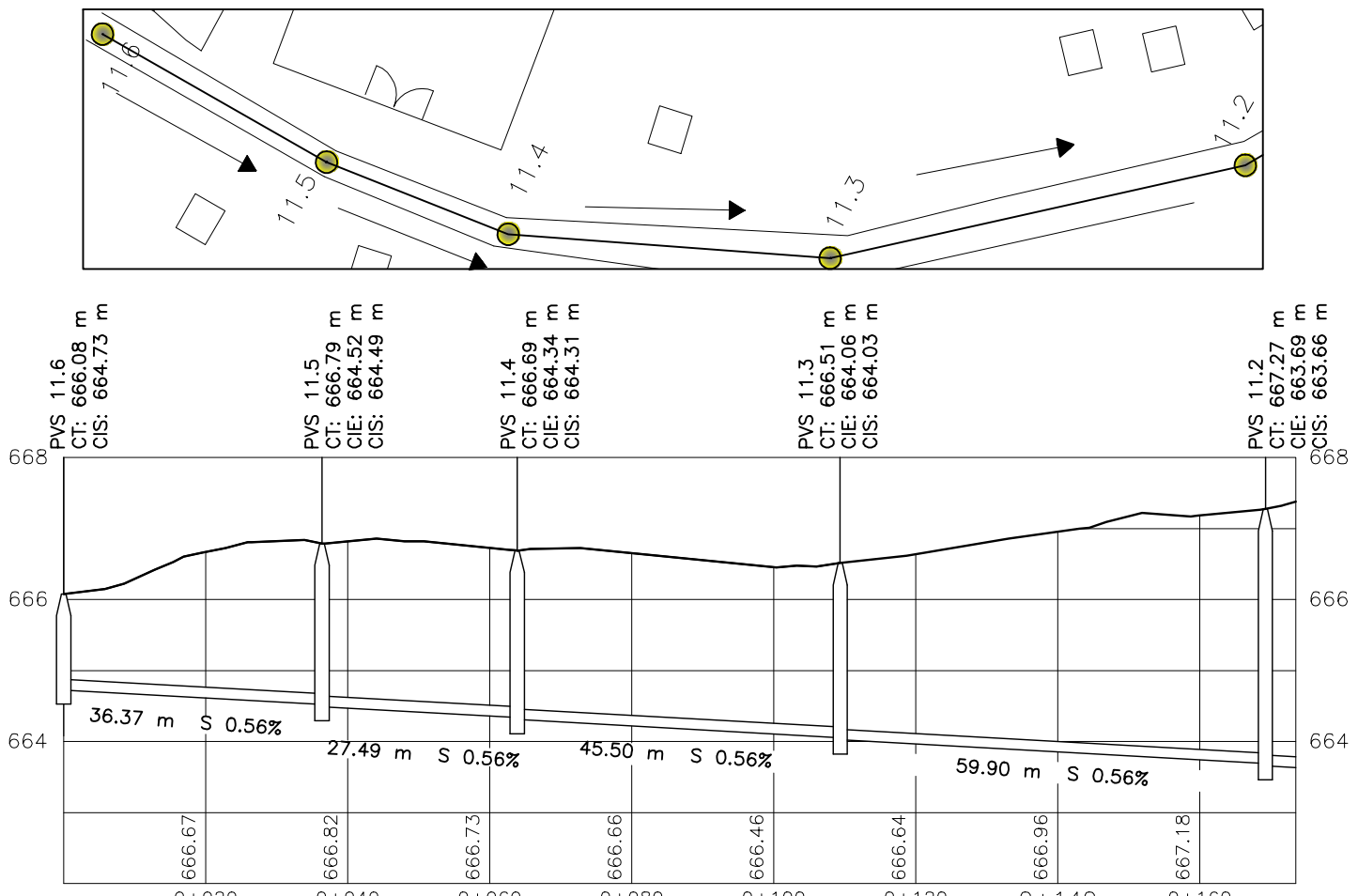




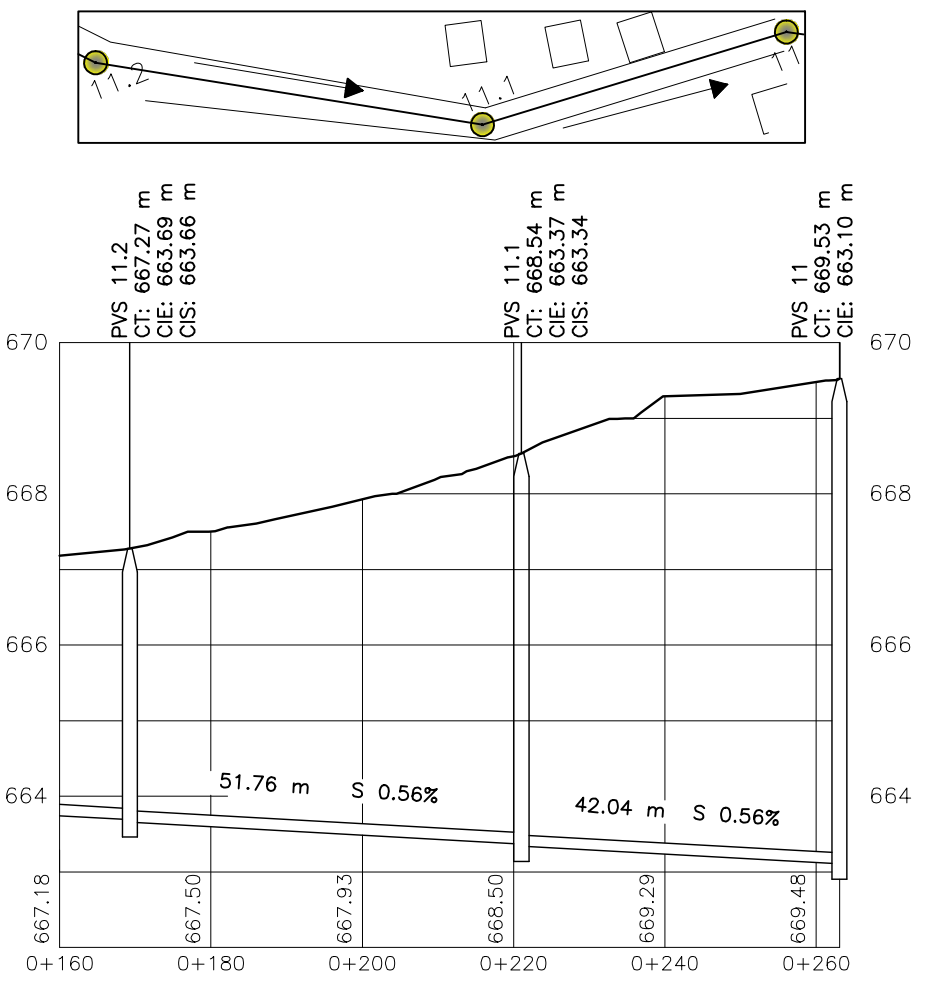
PERFIL LONGITUDINAL PVS 6.1.4-6.1.2
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



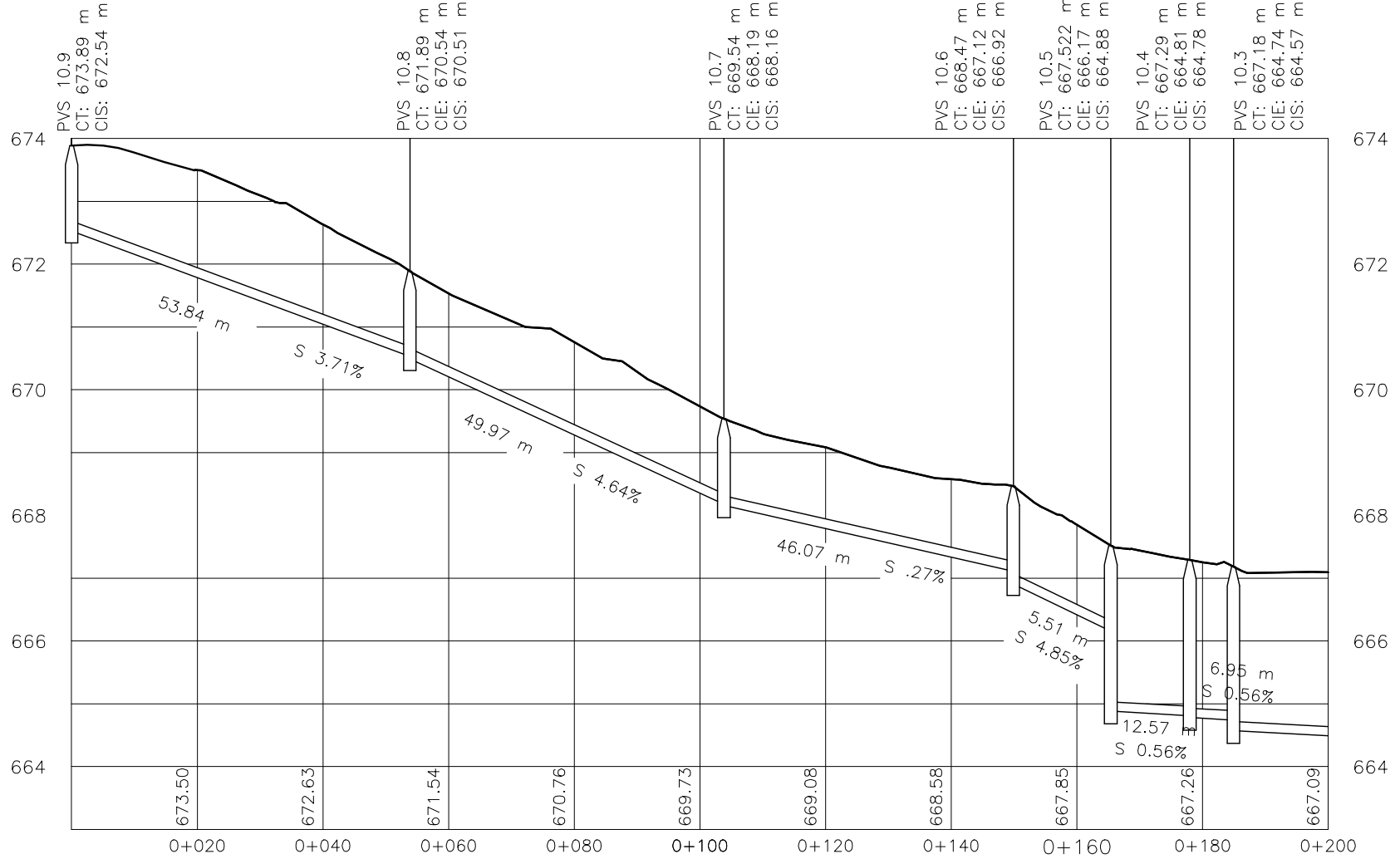
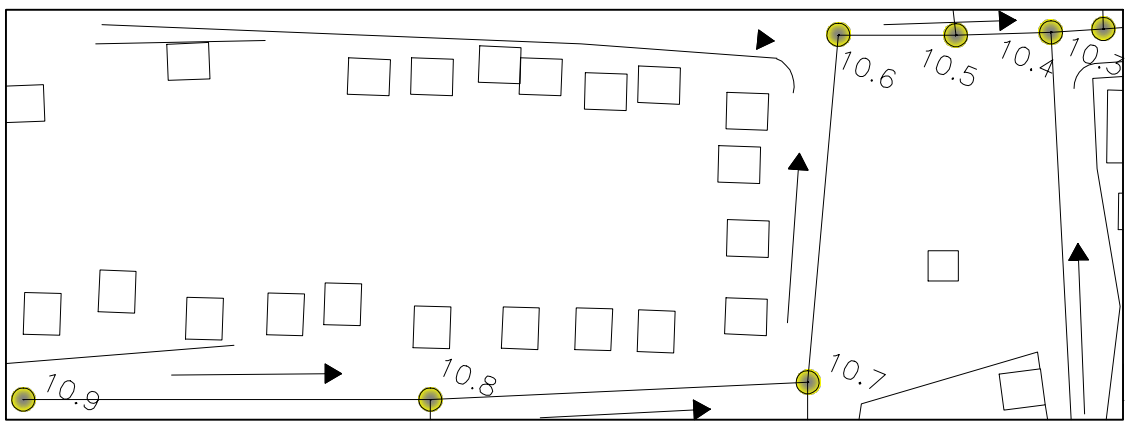
PERFIL LONGITUDINAL PVS 6.1.2-6.1
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



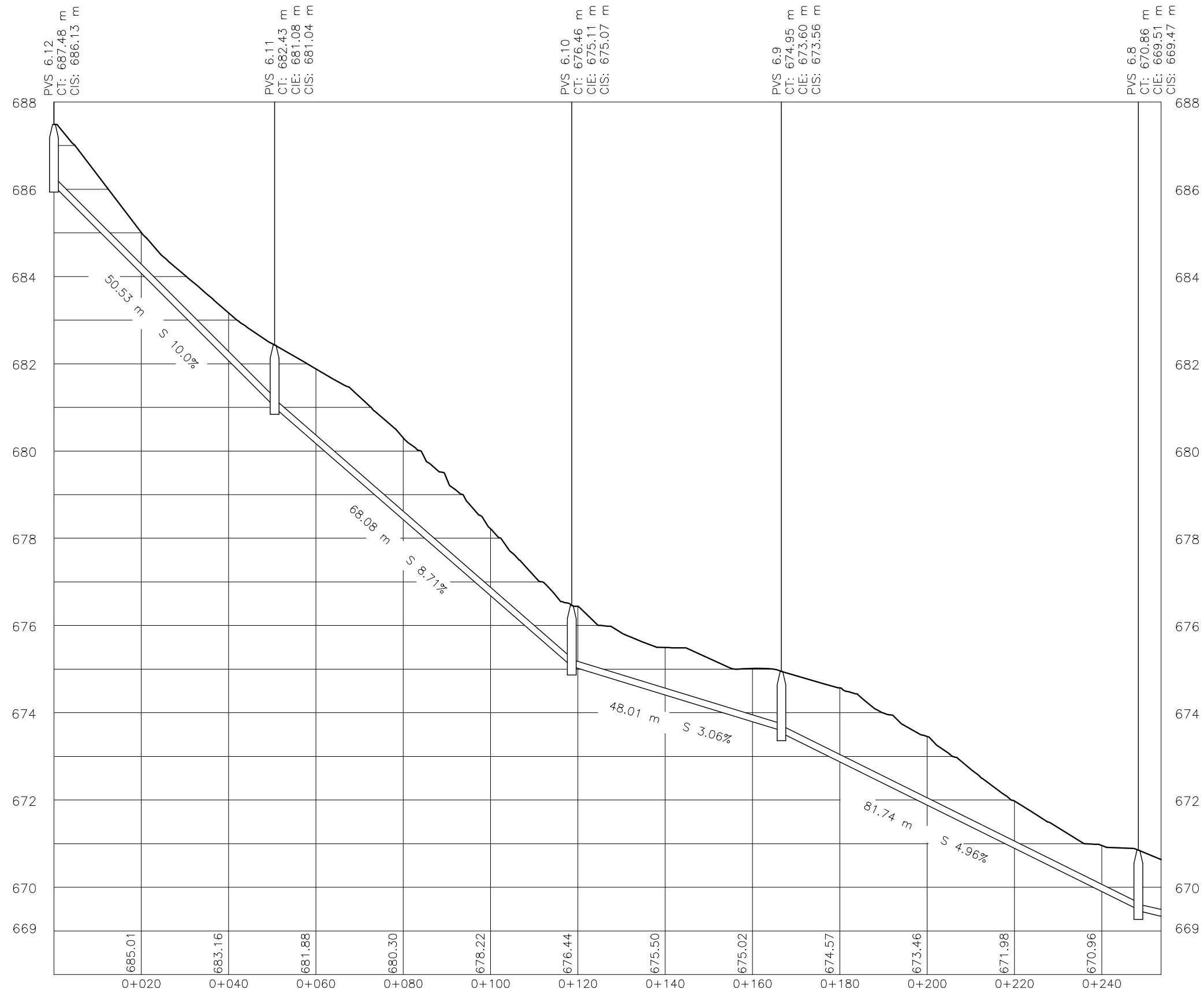
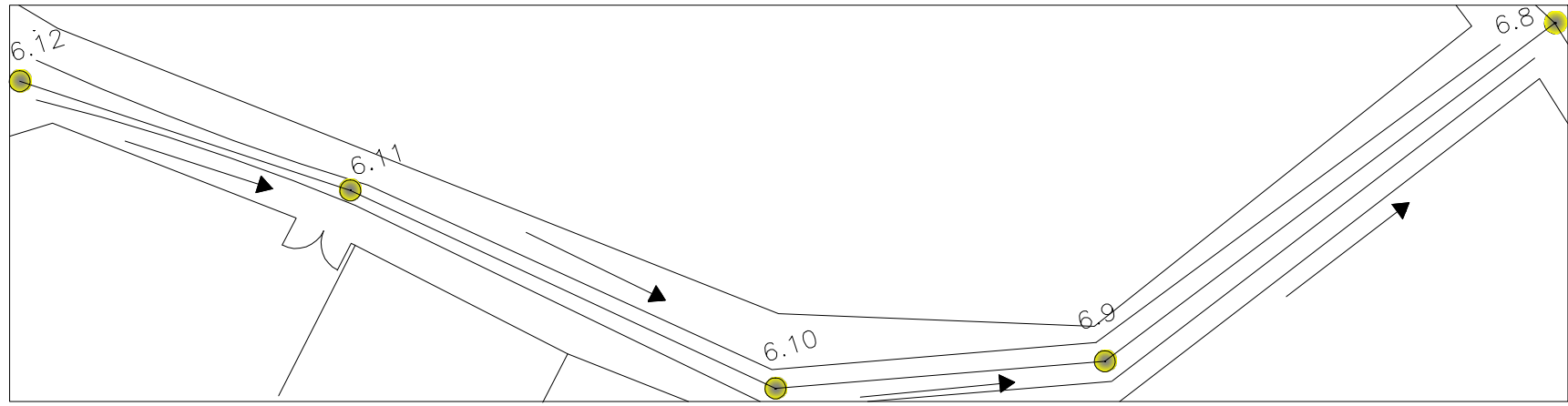
PERFIL LONGITUDINAL PVS 11.6-11.2
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



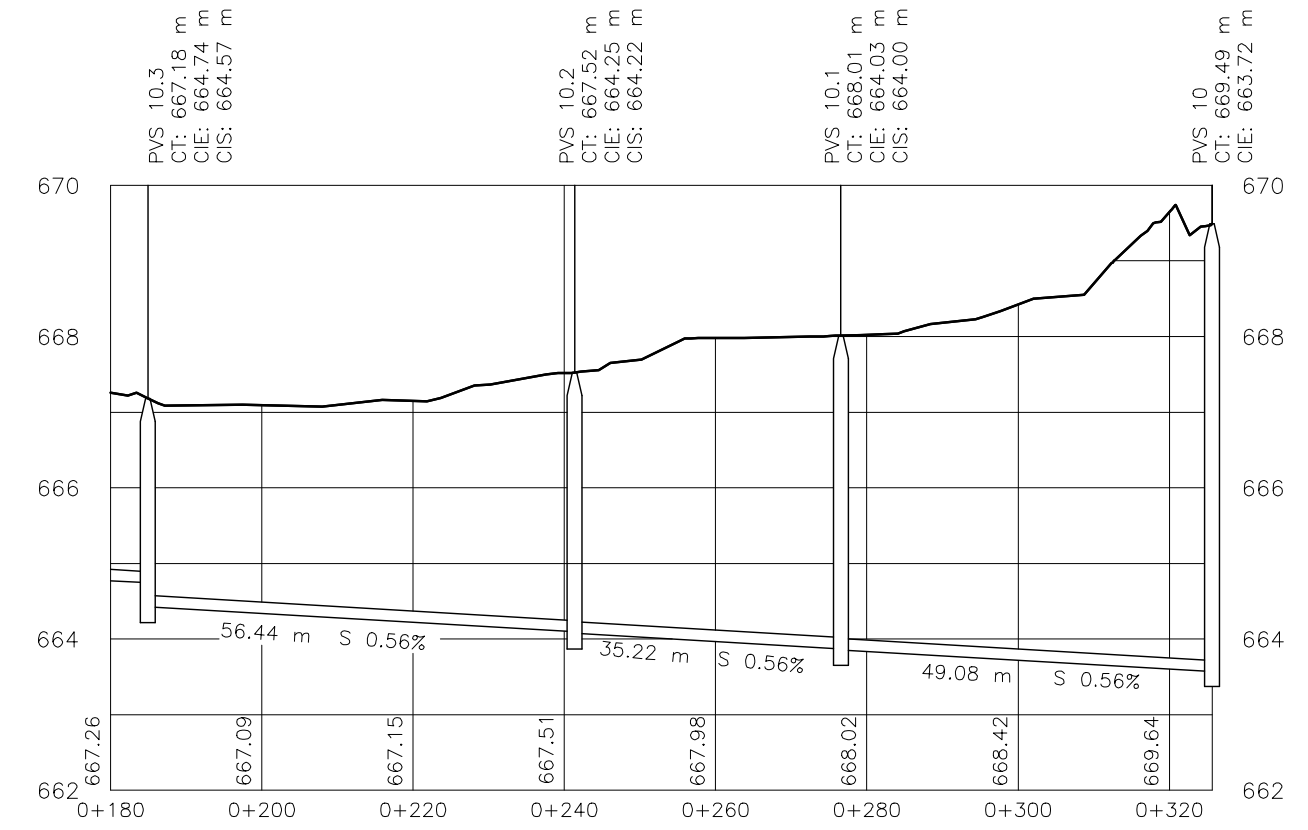
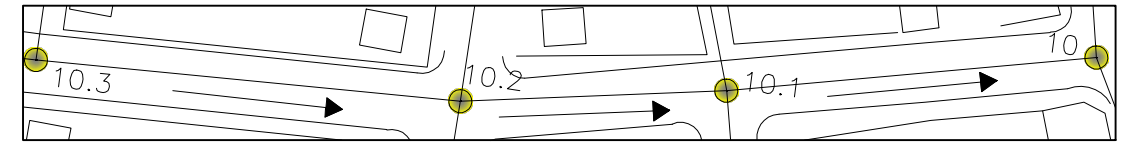
PERFIL LONGITUDINAL PVS 11.2-11
ESC. HORIZONTAL 1:100
ESC. VERTICAL 1:100



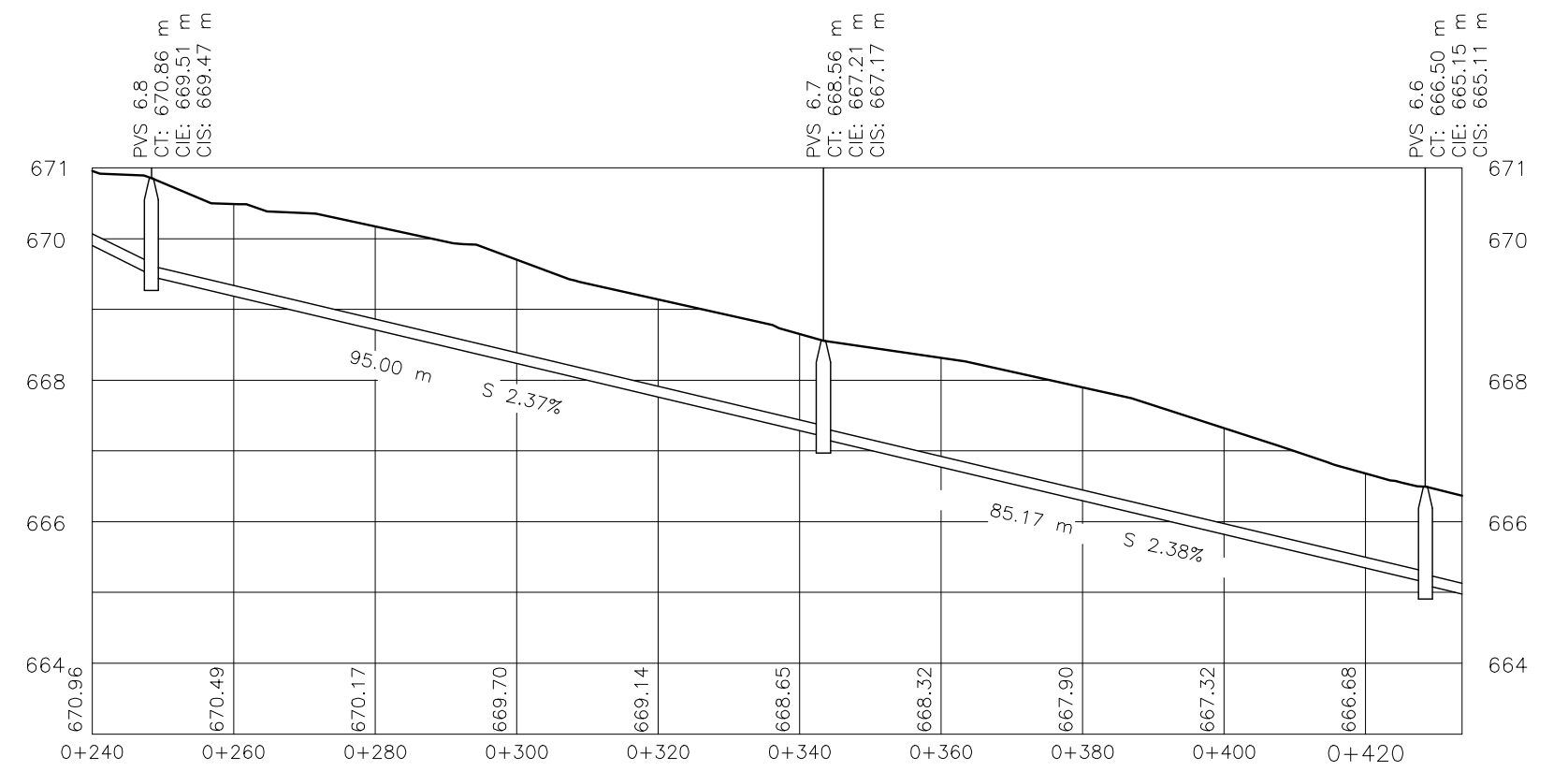
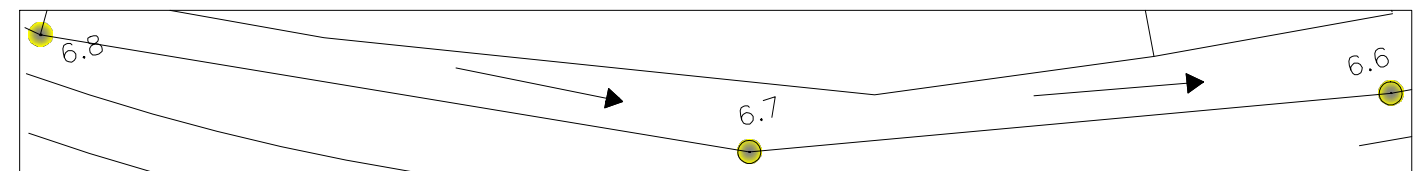
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.9-10.3
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



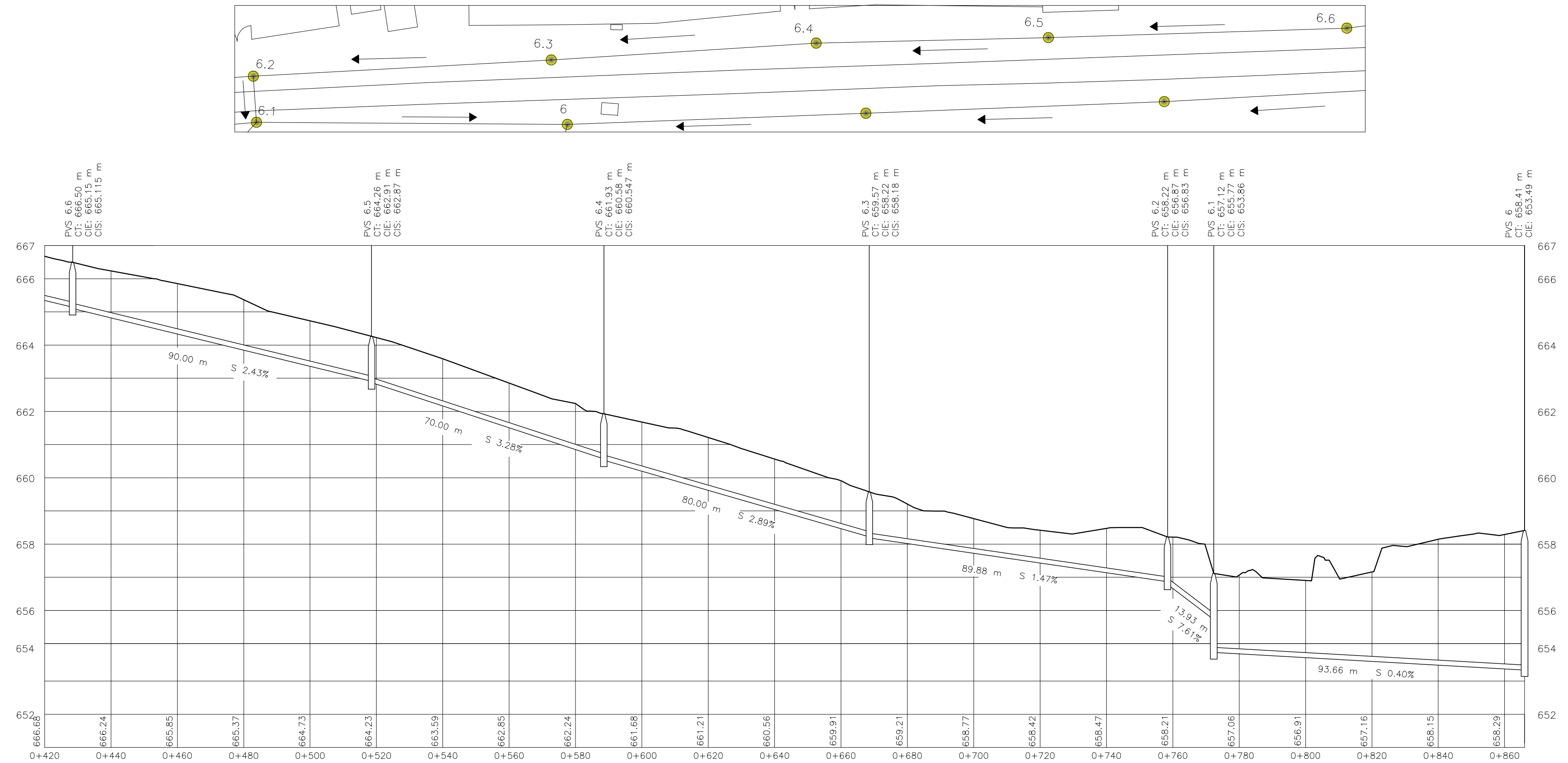
PERFIL LONGITUDINAL PVS 6.12-6.8
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



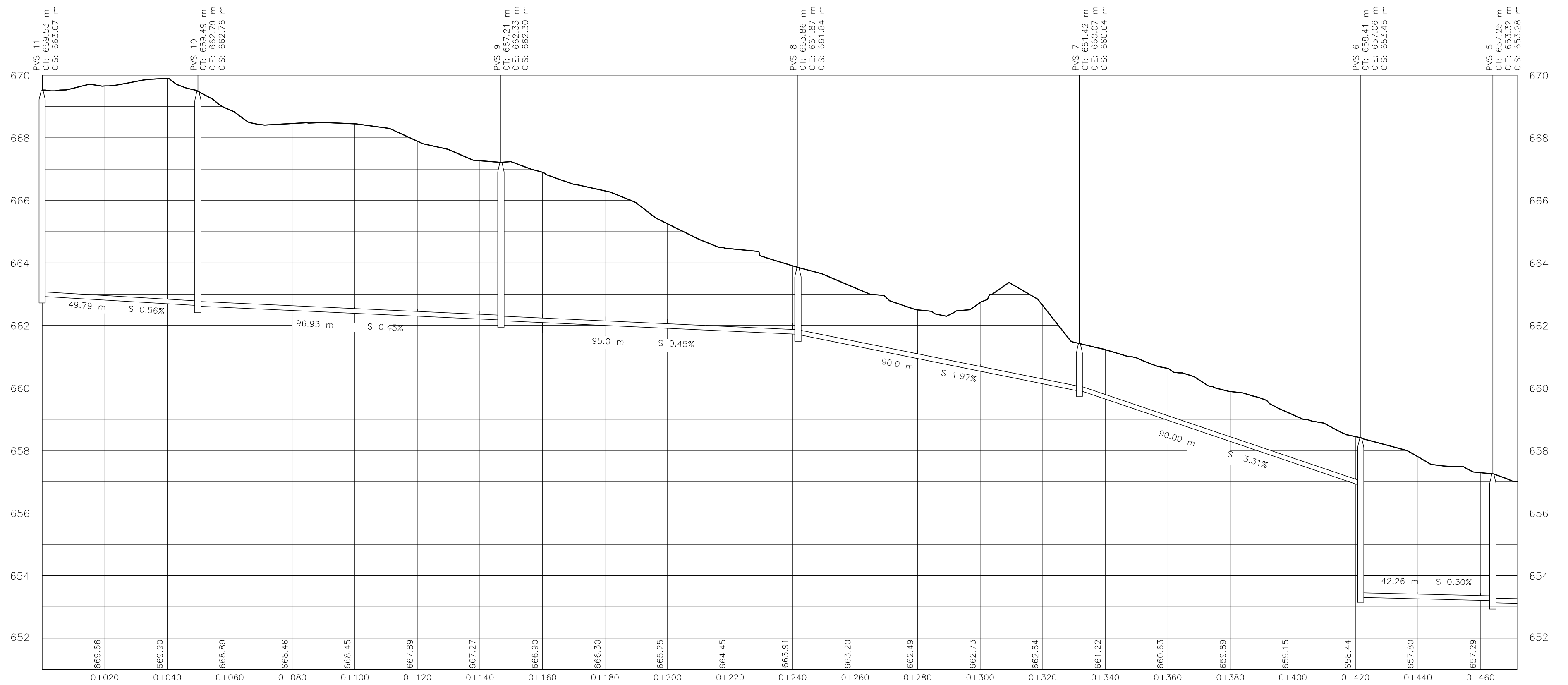
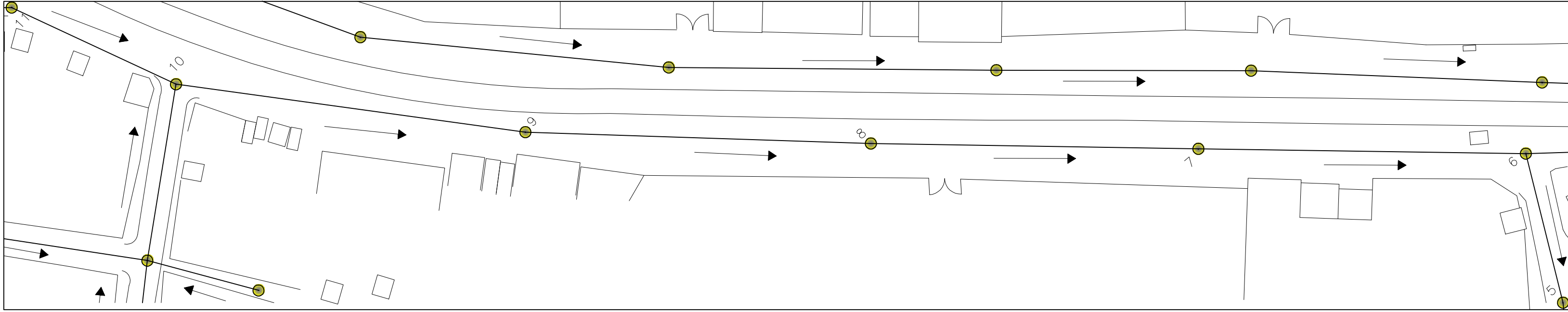
PERFIL LONGITUDINAL PVS 10.3-10
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



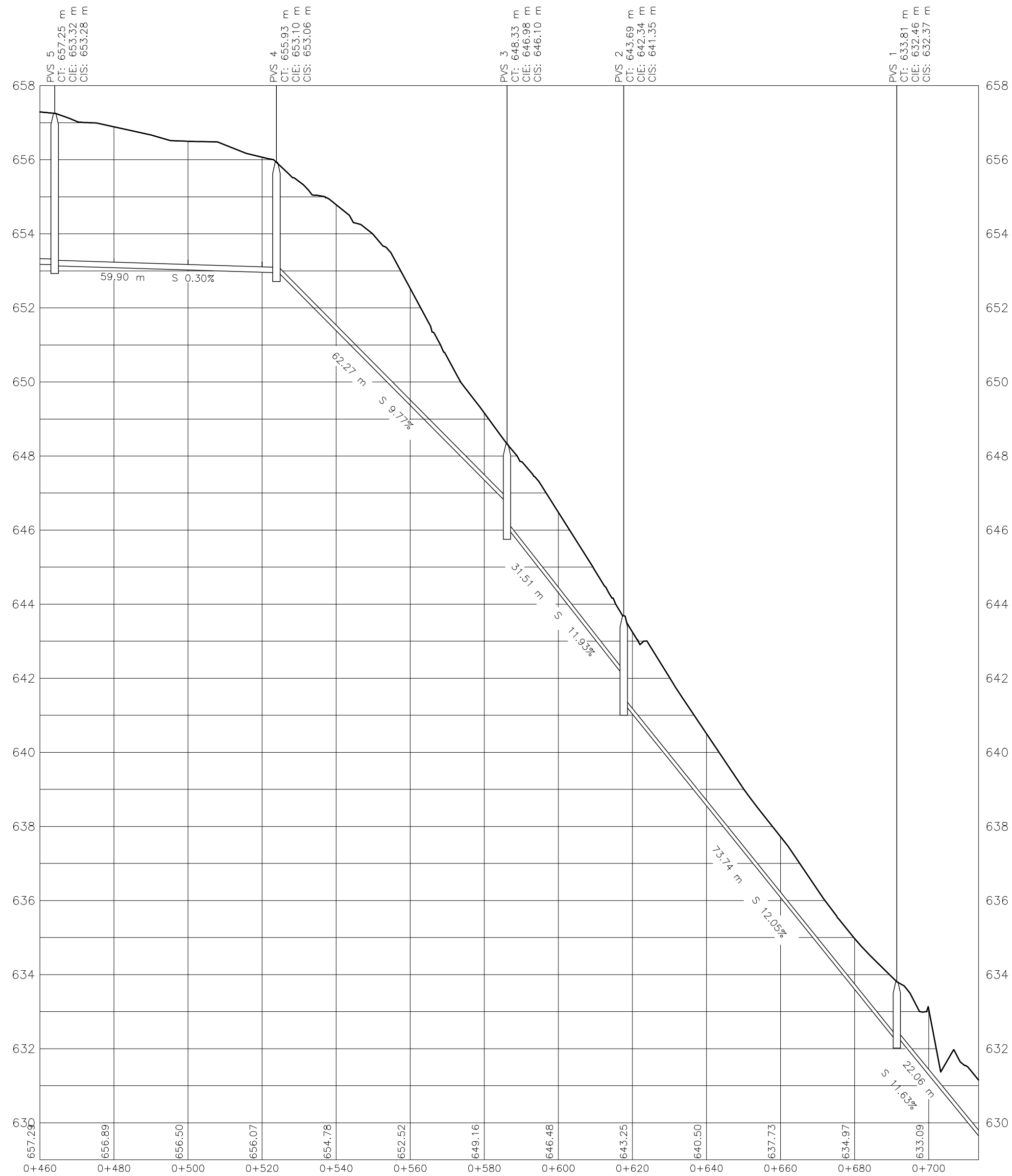
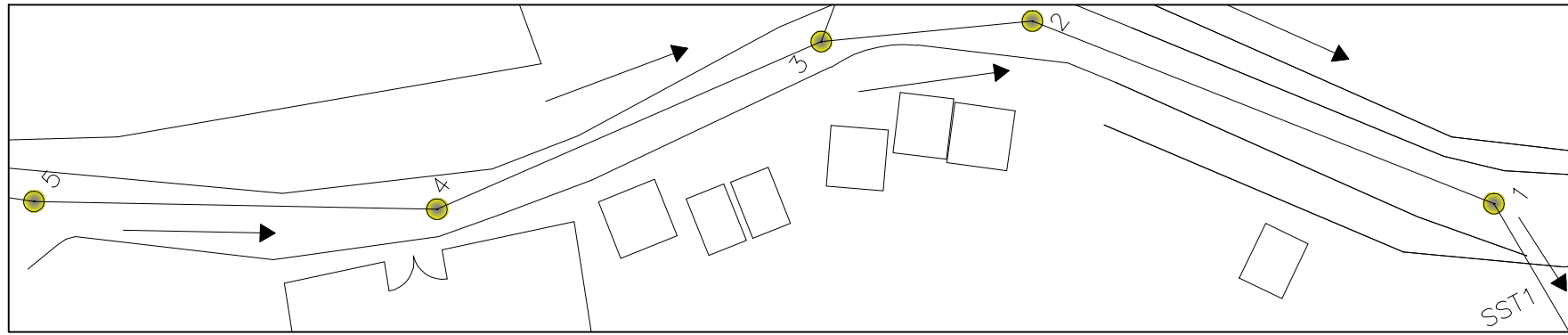
PERFIL LONGITUDINAL PVS 6.8-6.6
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



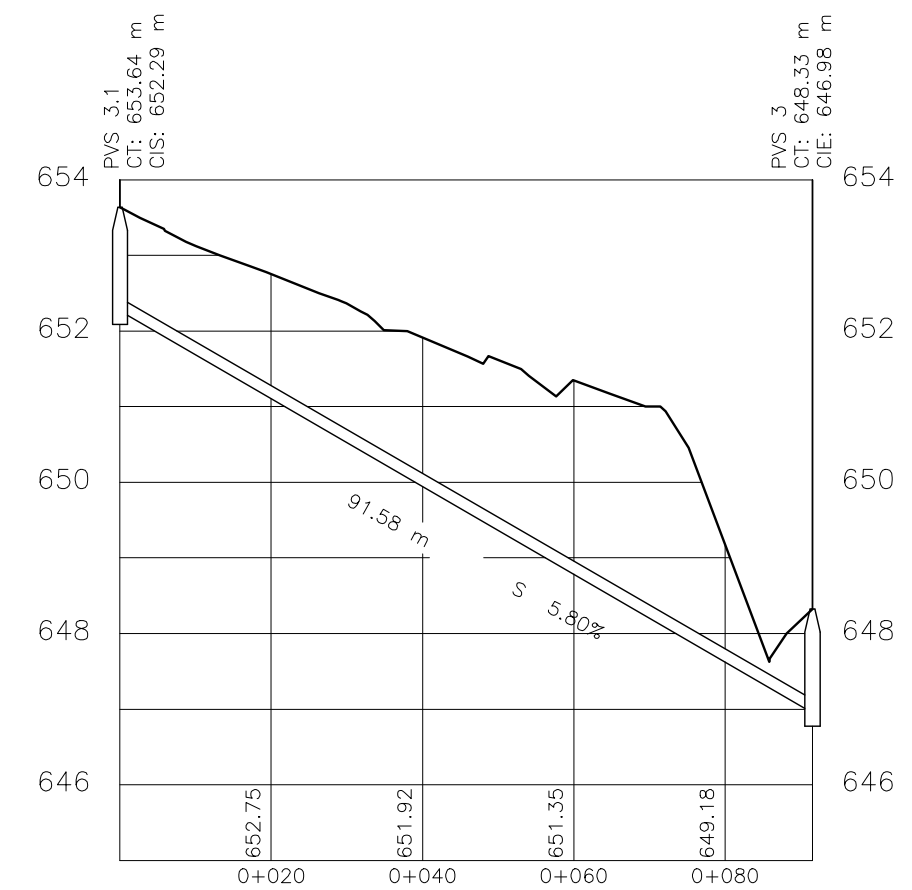
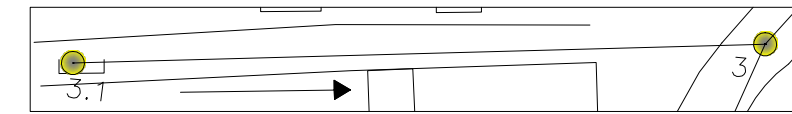
PERFIL LONGITUDINAL PVS 6.6-6
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



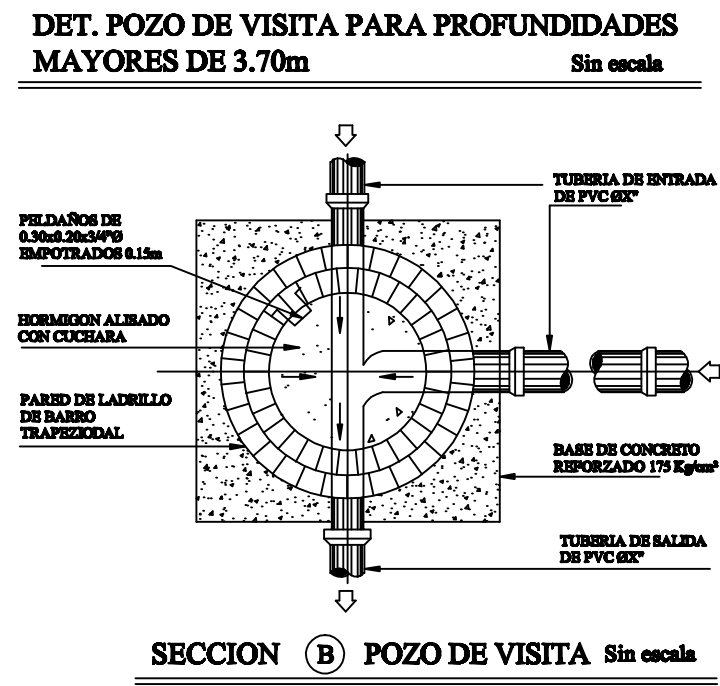
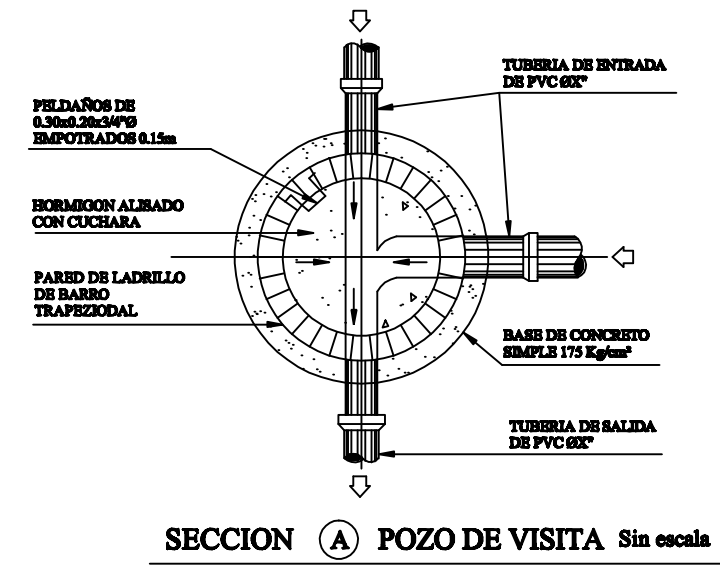
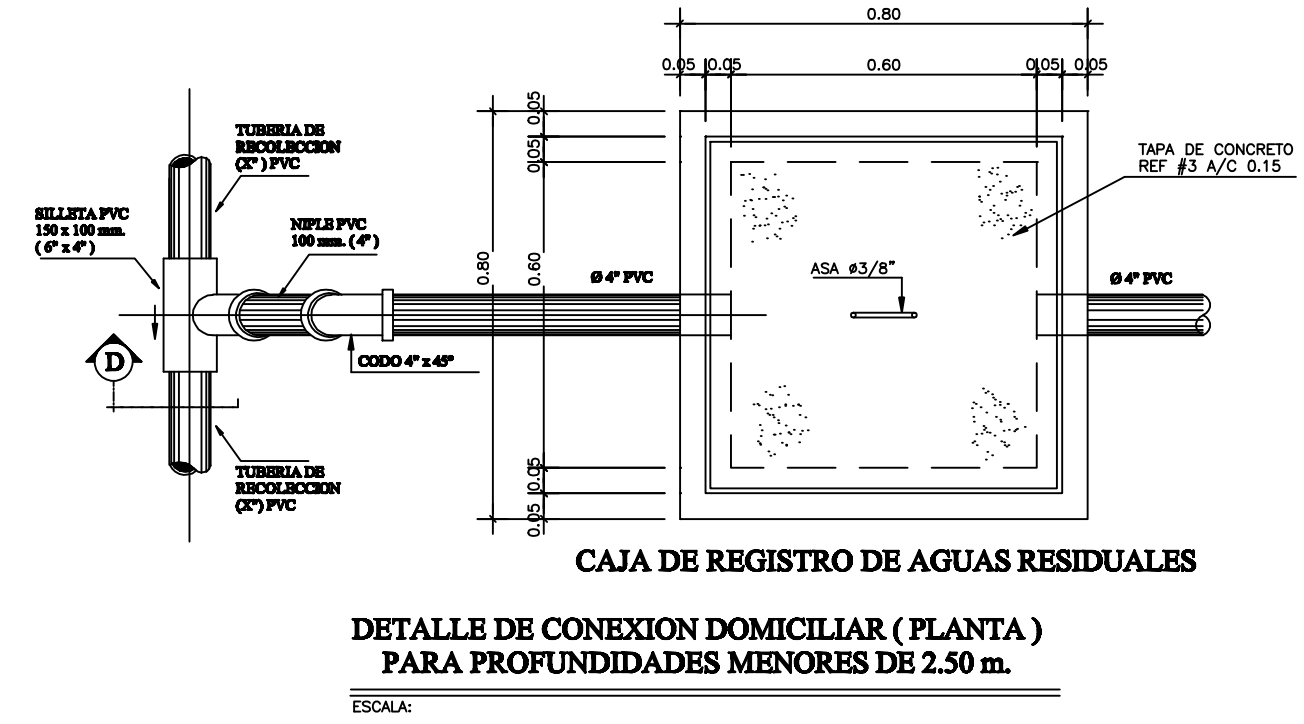
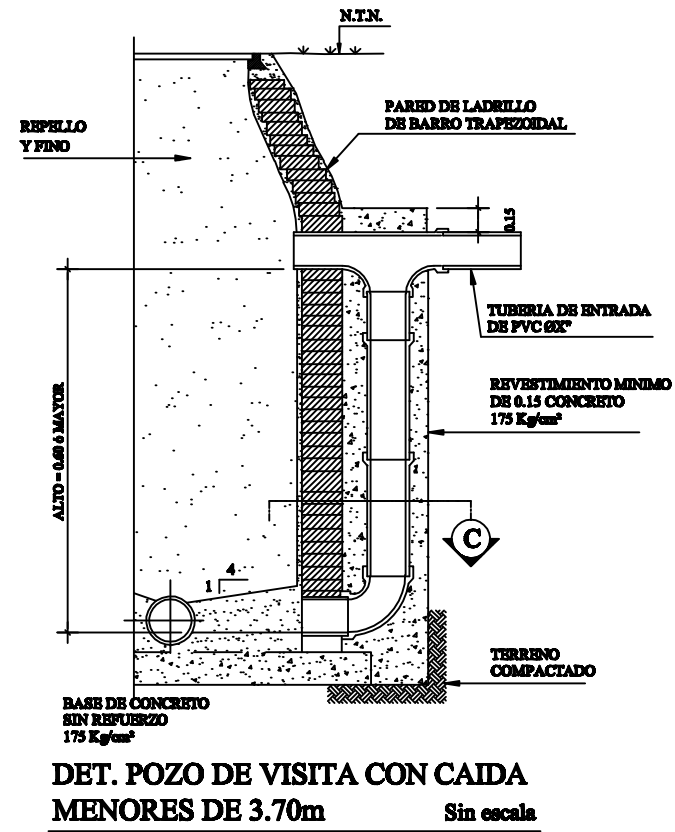
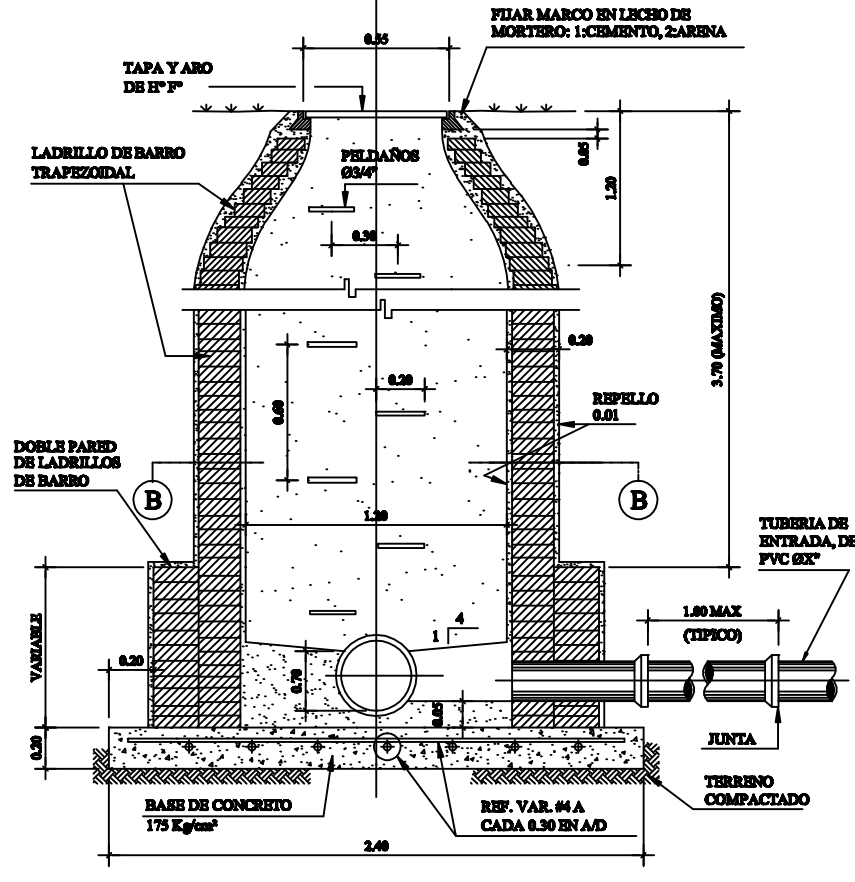
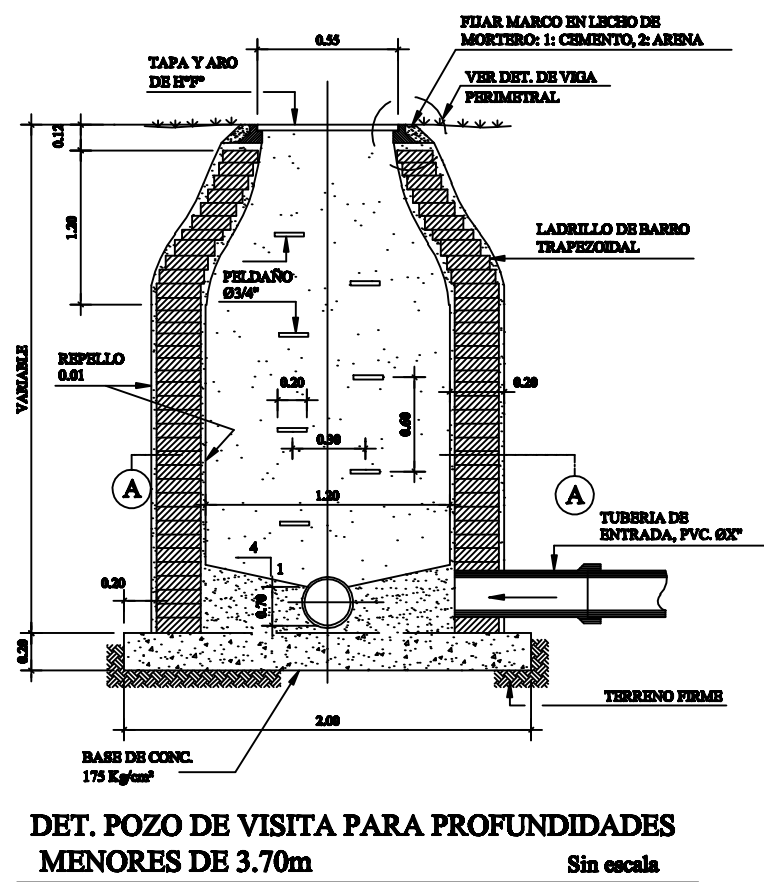
PERFIL LONGITUDINAL PVS 11-5
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100



PERFIL LONGITUDINAL PVS 5-SST1
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100

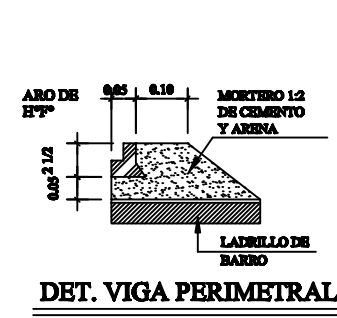
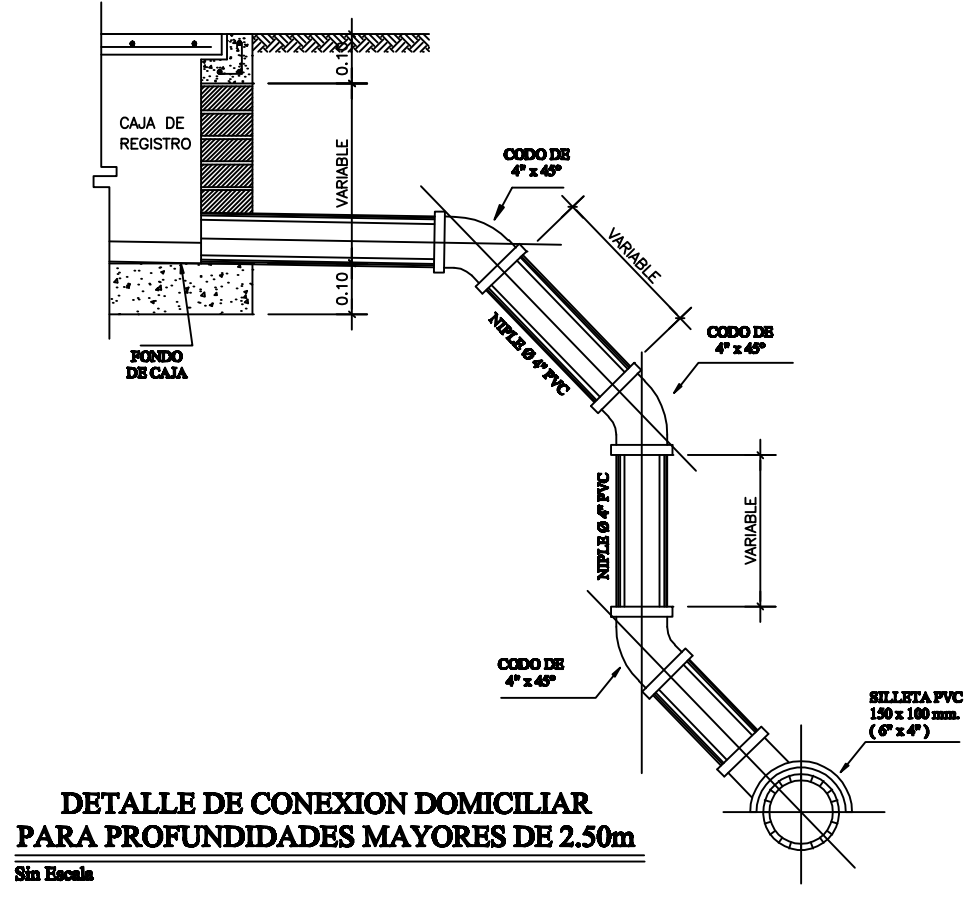
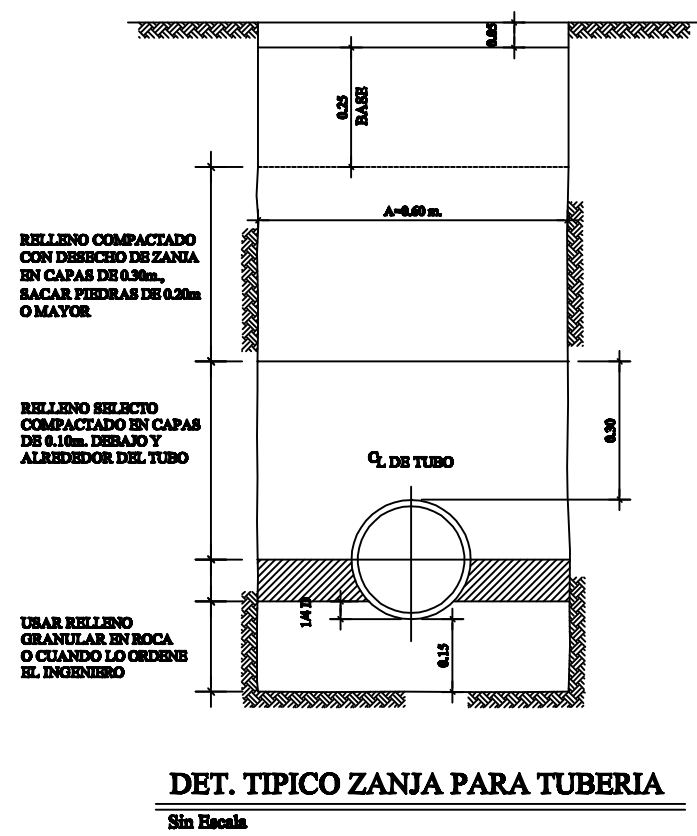
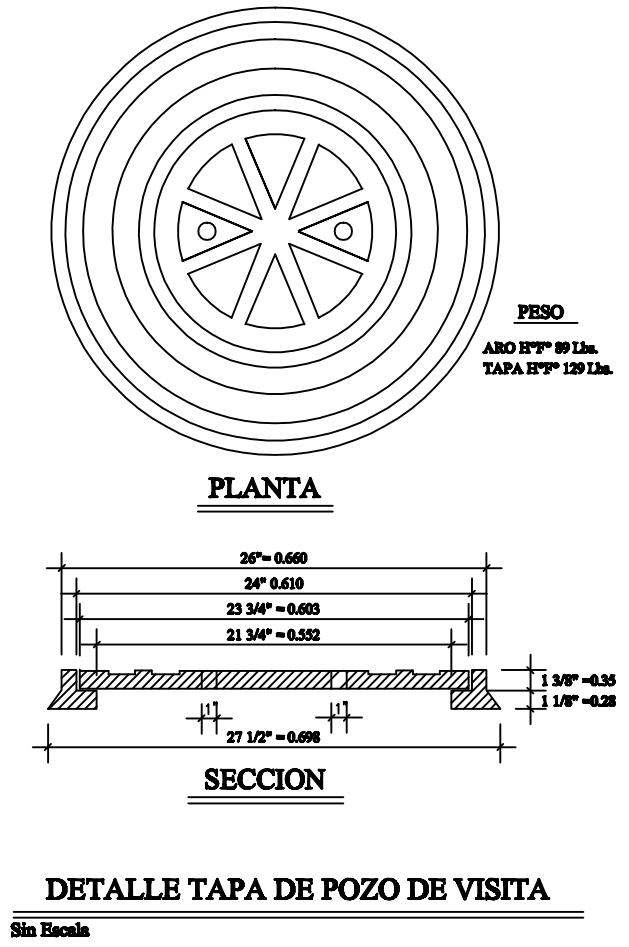
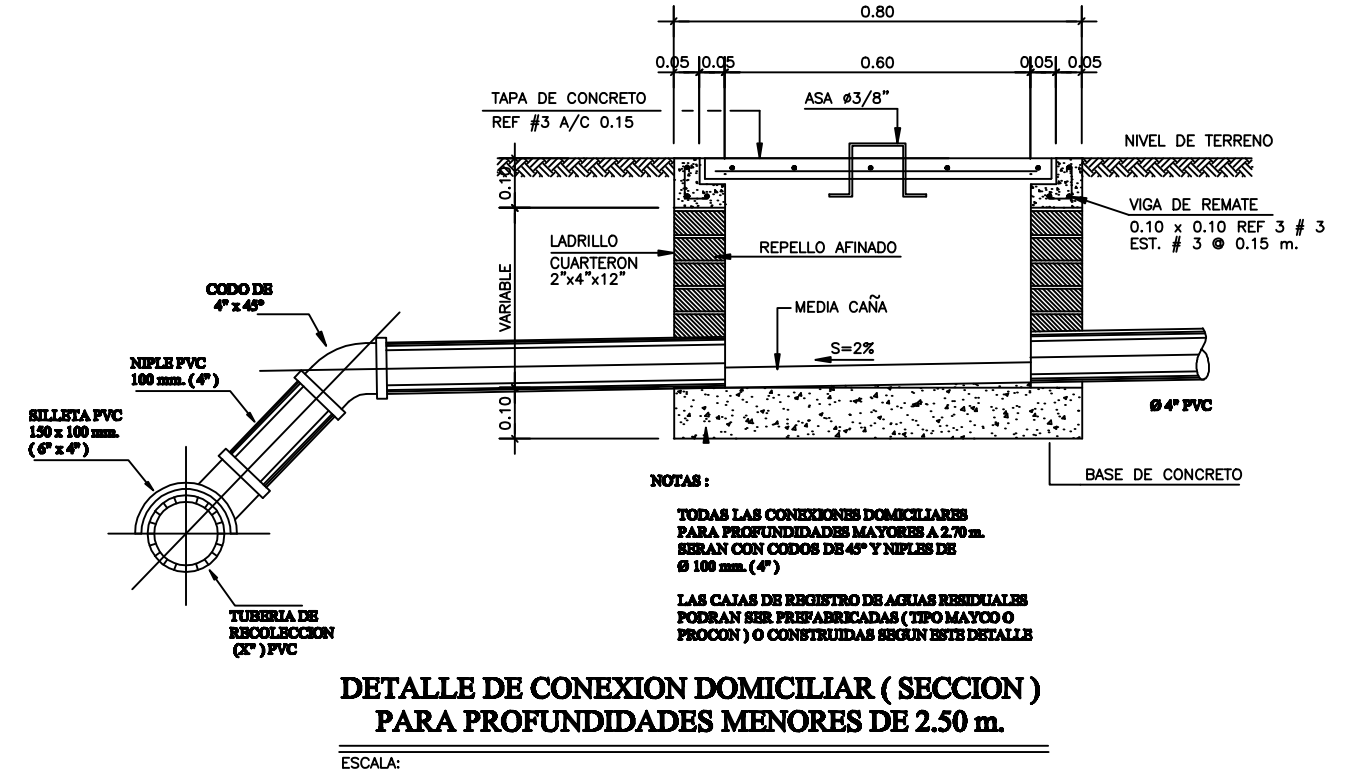


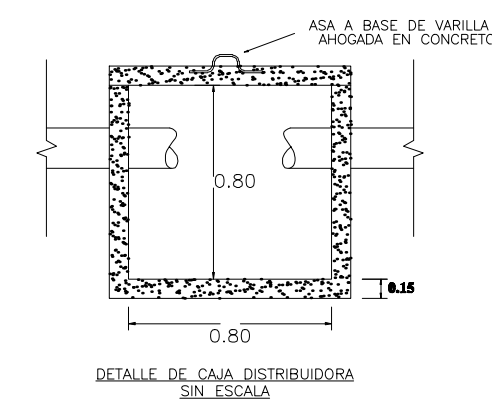
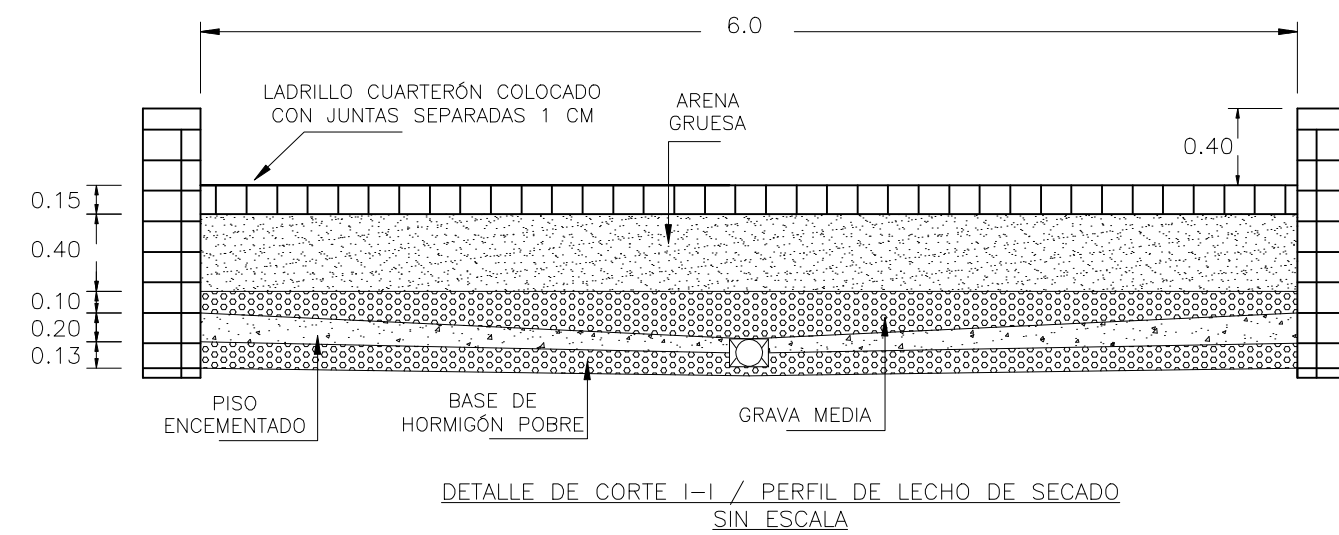
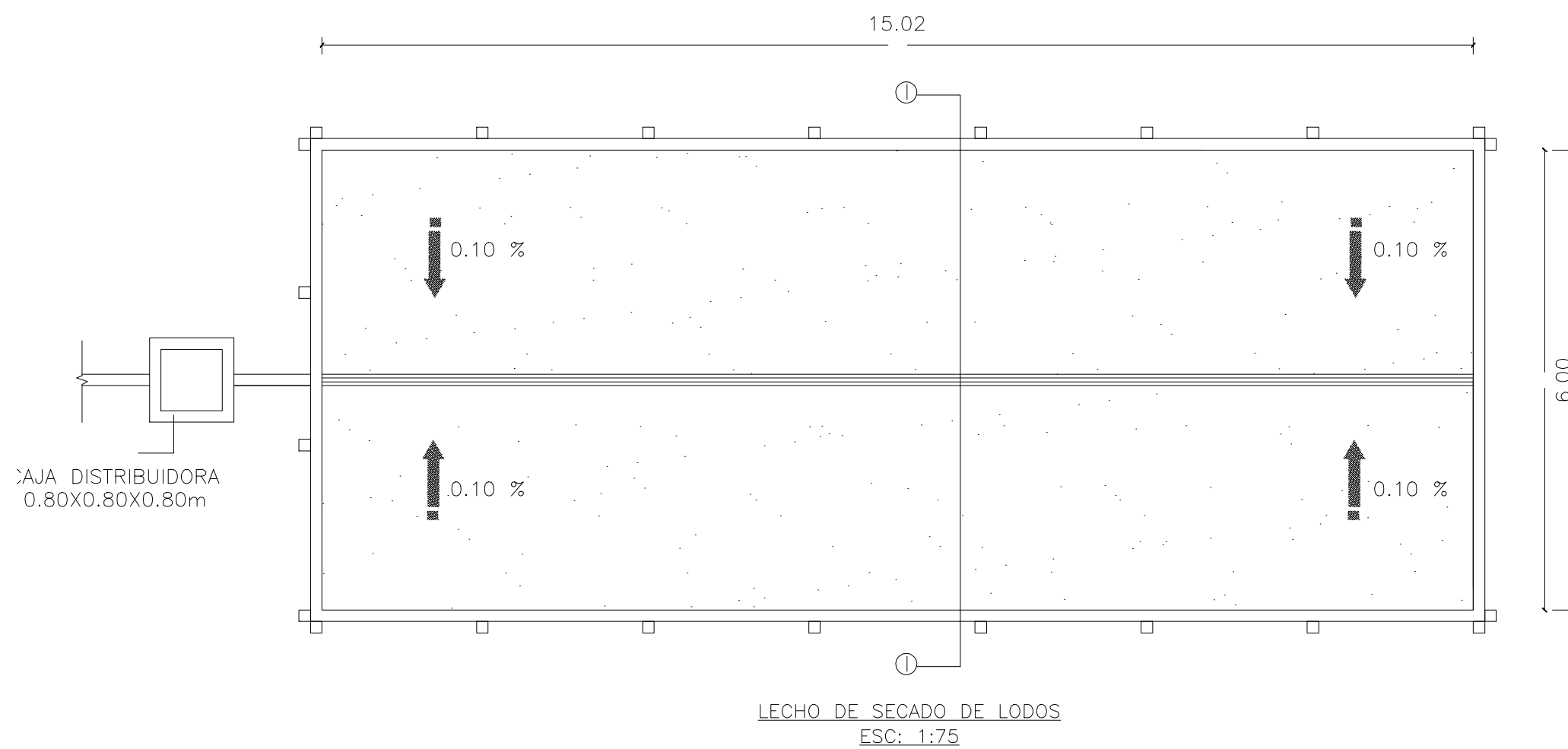
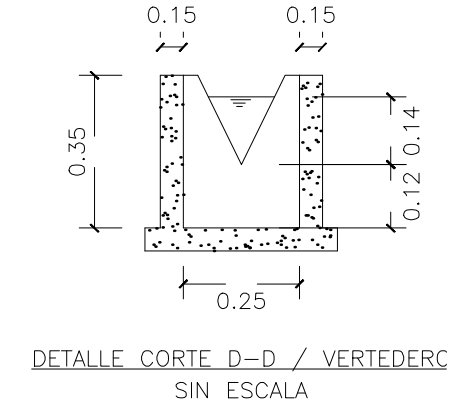
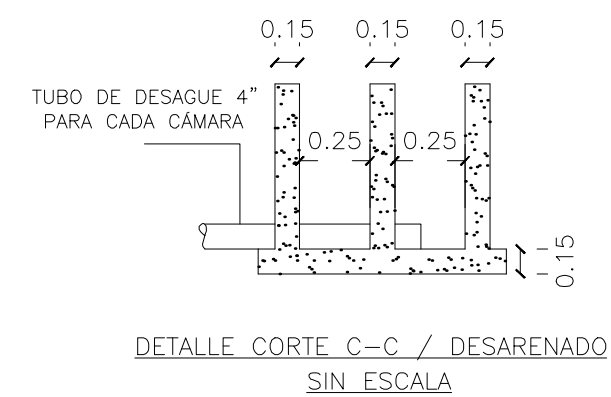
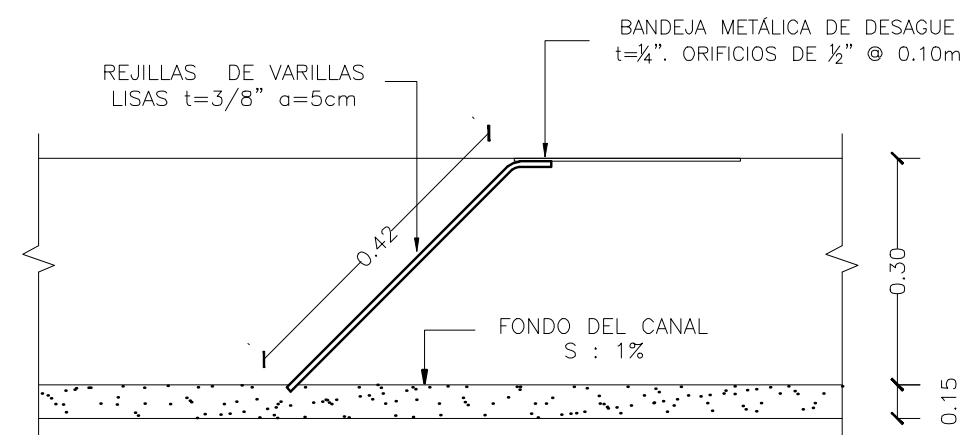
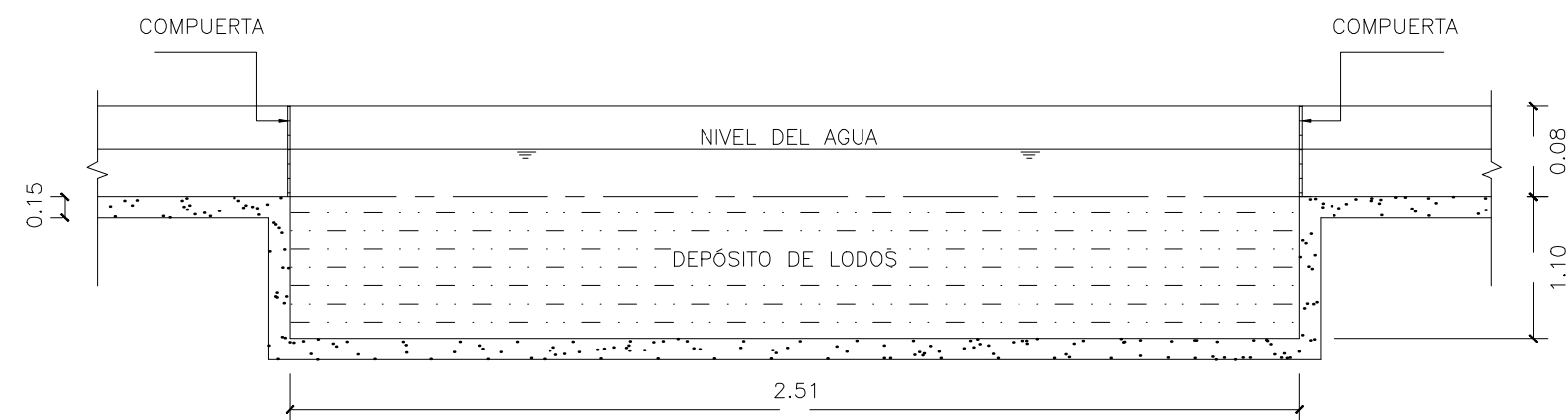
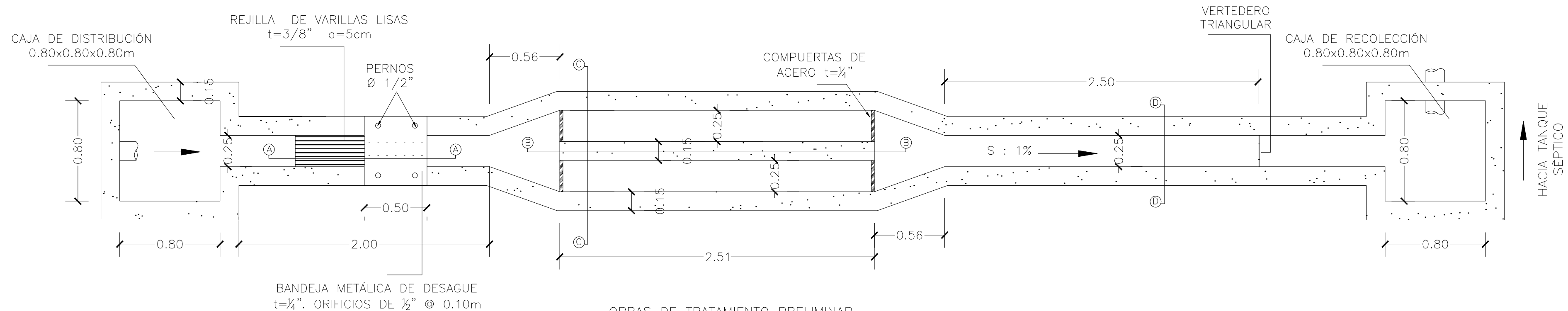
PERFIL LONGITUDINAL PVS 3.1-3
ESC. HORIZONTAL 1:1000
ESC. VERTICAL 1:100

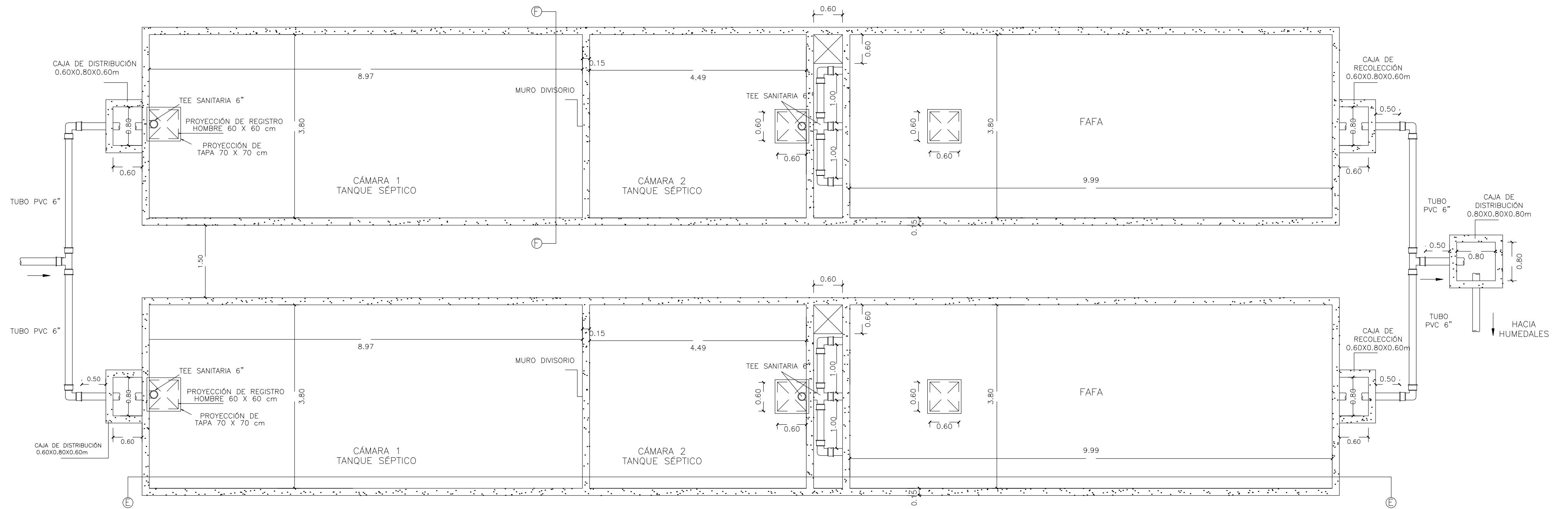


NOTAS GENERALES AGUAS NEGRAS

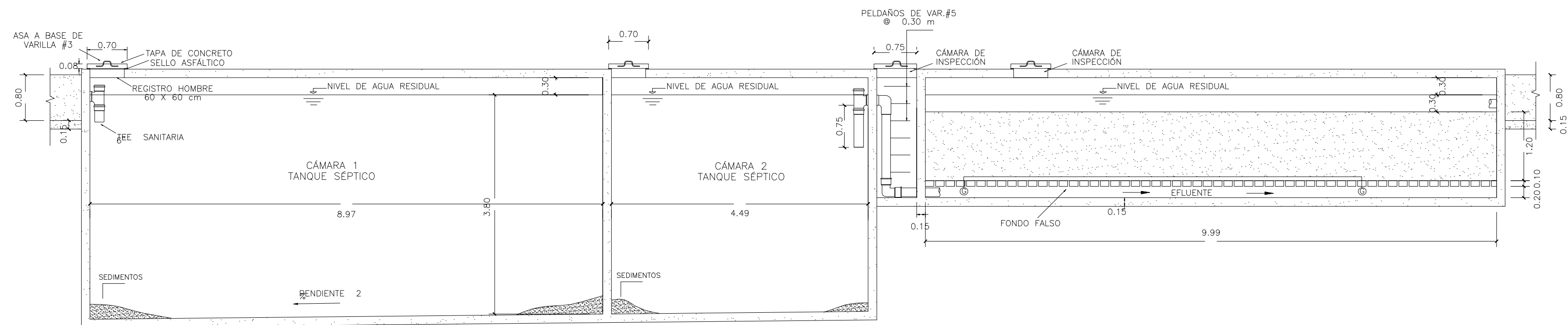
- EL CONCRETO REFORZADO Y/O SIMPLE A USAR EN LA CONSTRUCCIÓN POZOS DE VISITA, CAJAS DE REGISTRO Y OTROS DISPOSITIVOS, TENDRÁ UNA RESISTENCIA MINIMA DE F'c=3,000 Psi CON UNA PROPORCIÓN 1:2:3.
- PARA PEGAR LOS BLOQUES SE USARÁ MORTERO CON F'c=2,500 Psi Y CON UNA PROPORCIÓN DE 1:4.
- LOS TUBOS DEBERAN SER DE PVC, CEDULA SDR- 41.
- LAS ZANIAS TENDRÁN UN ANCHO DE 0.60 M. A PROFUNDIDADES MAYORES DE 1.80 M, SE DEBERÁ ADEMAR LAS ZANIAS PARA EVITAR ACCIDENTES O EN EL CASO DE SURLOS INESTABLES. SI EL INGENIERO A CARGO LO CONSIDERA CONVENIENTE, PODRÁN HACERSE TALUDES A AMBOS LADOS DE LA ZANIA.
- PRUEBAS DE CAMPO : DESPUES DE INSTALADA LA TUBERIA DEBERAN EFECTUARSE PRUEBAS DE ALINEAMIENTO, DE PENDIENTE Y EXFILTRACION, SEGUN ESPCIFICACIONES TECNICAS VIGENTES DEL INAA.
- LAS ESPCIFICACIONES TECNICAS DEL INAA PREVALECN SOBRE CUALQUIER OTRA.



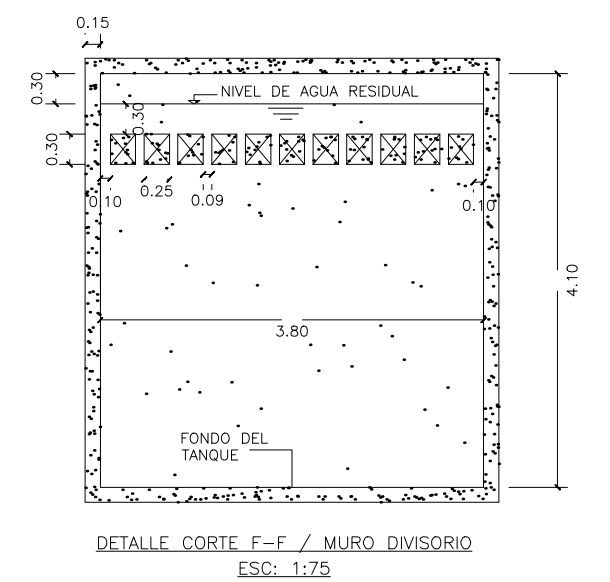




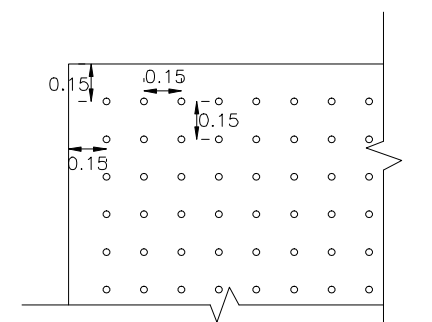
SISTEMA TANQUE SÉPTICO + FAFA
ESC: 1:60



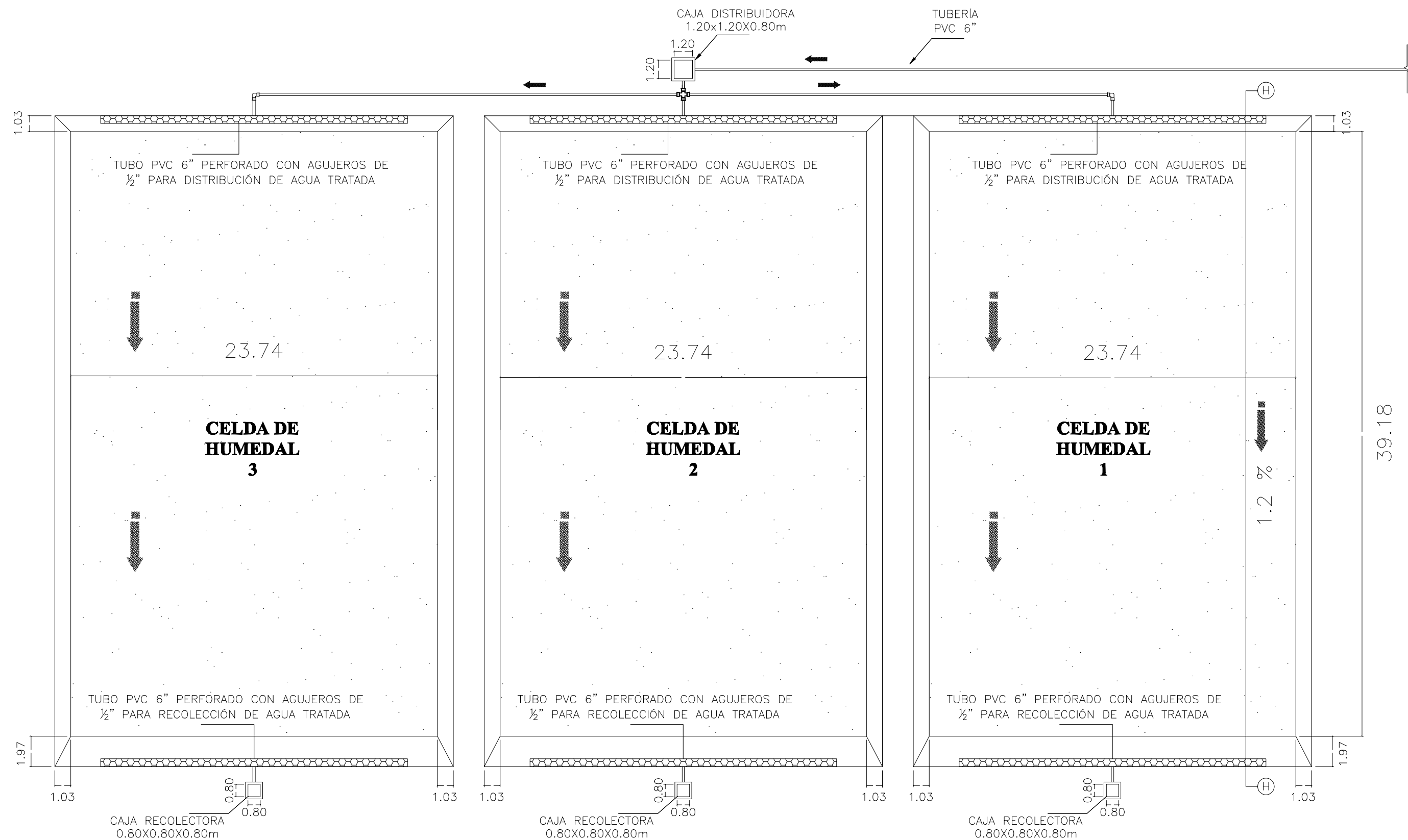
DETALLE CORTE E-E / PERFIL TANQUE SÉPTICO + FAFA
ESC: 1:60



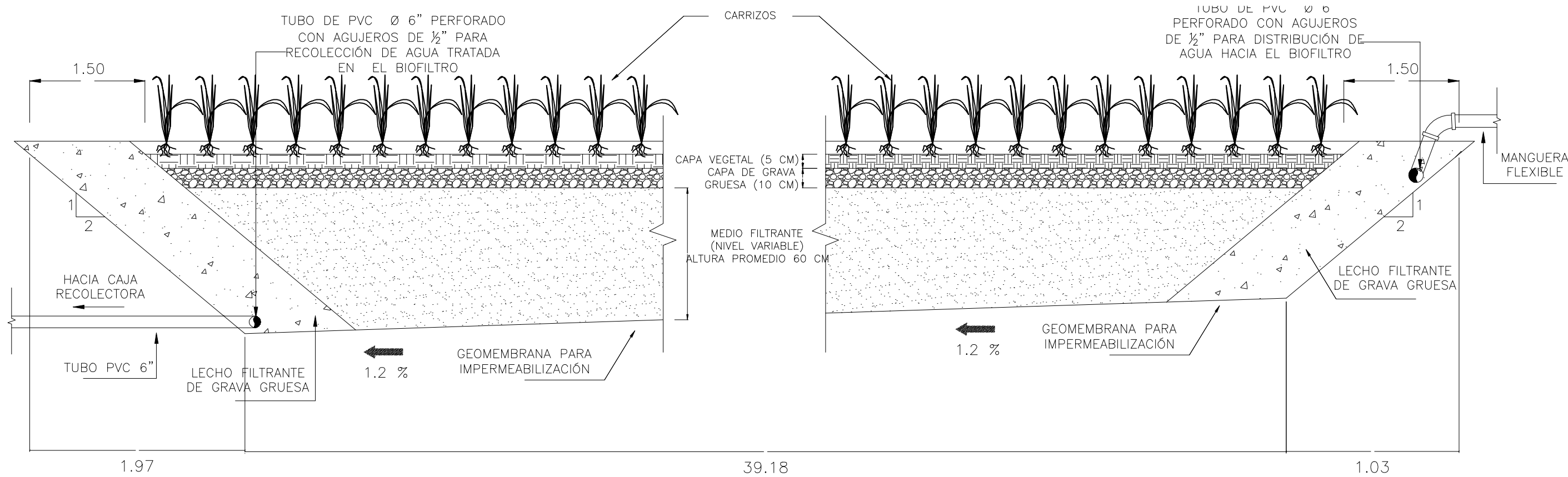
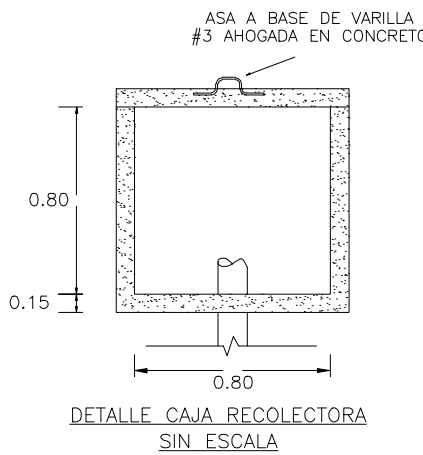
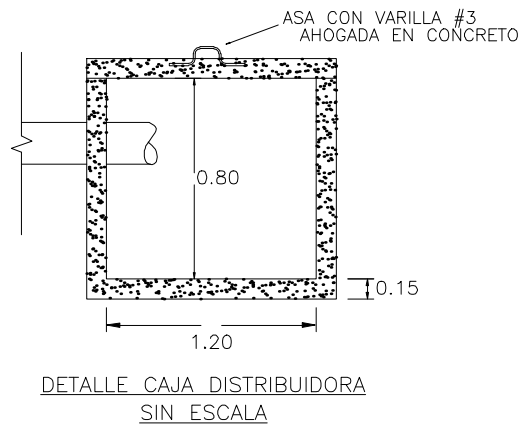
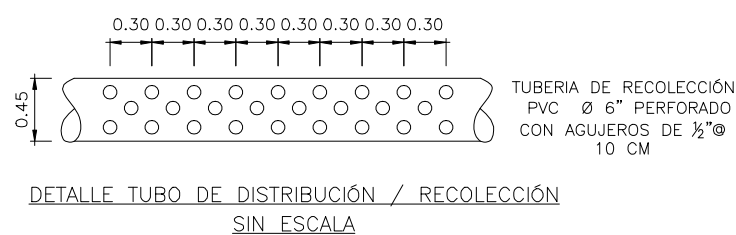
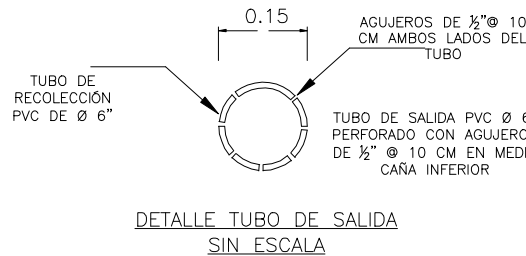
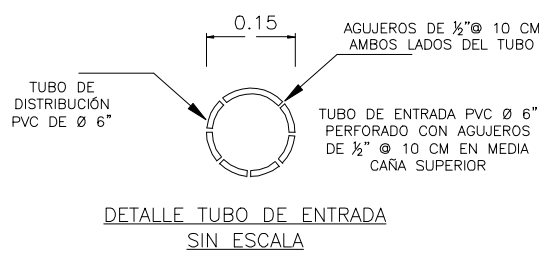
DETALLE CORTE F-F / MURO DIVISORIO
ESC: 1:75



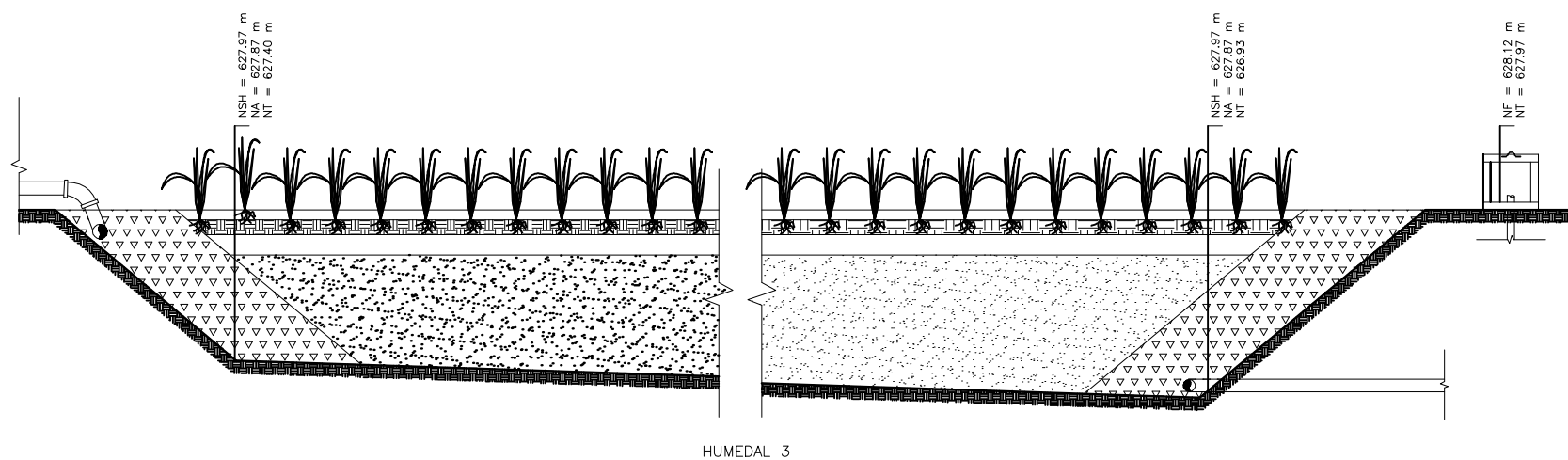
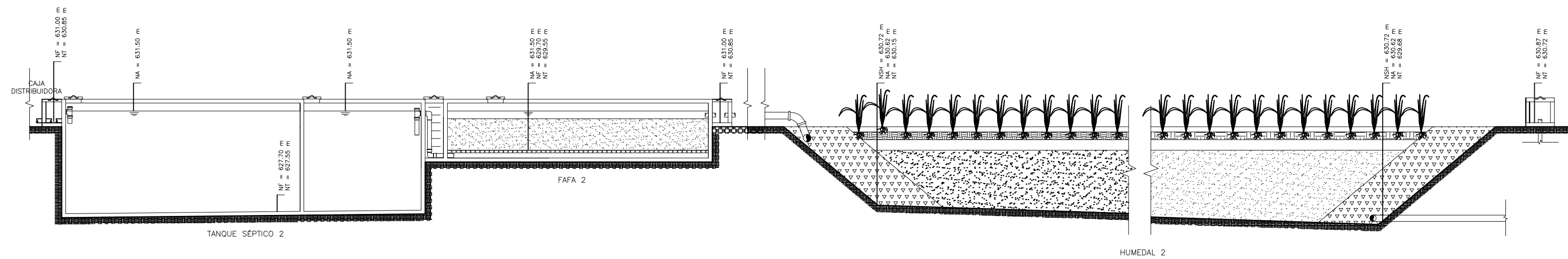
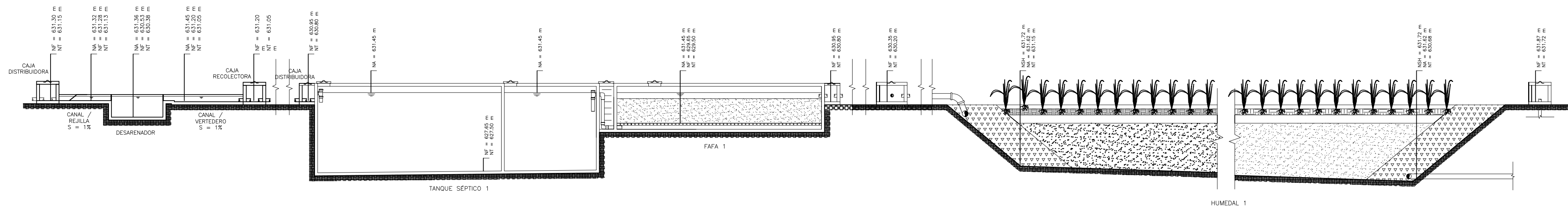
DETALLE CORTE G-G / FONDO FALSO FAFA
SIN ESCALA



SISTEMA DE HUMEDALES
ESC: 1:300



DETALLE CORTE H-H / PERFIL CELDA DE HUMEDAL
SIN ESCALA



SIMBOLOGIA
NF: NIVEL DE FONDO
NA: NIVEL DE FLUJO
NT: NIVEL DE TERRENO
NSH: NIVEL DE SUPERFICIE DE HUMEDAL

